

**Sezione 8**  
**Section 8**

**LA DOCUMENTAZIONE GRAFICA, LA TUTELA  
ED IL RESTAURO DEL PATRIMONIO CULTURALE**  
**GRAPHIC DOCUMENTATION, CONSERVATION AND  
RESTORATION OF CULTURAL HERITAGE**



## ARCHEOGRAF: AGILITY FOR THE DOCUMENTATION OF ARCHEOLOGICAL EXCAVATIONS

### 1. INTRODUCTION

During the archaeological digging process, independently of the period, the archaeologist faces absolutely necessary documentation steps that slow down the removal of earth, which is already slow of itself. Of these processes, the graphic documentation of sections, planes, profiles, topographies, etc. is one of the most costly in time and, consequently, money. Its resolution is achieved through decisions influenced by the present in most absolute terms and these may have a second short, mid and/or long term consequence depending on the determinations we decide on.

The analysis of the technical task of documenting an archaeological digging is composed of a series of steps systematically repeated in any manual, university class or lecture to new candidates to work as assistants at a site: «*Surveying and staking out the reference grid, removal of earth, documentation of evidence, classification of remains, studies of sets, writing of reports, publication of results,....*» Within these points, we sequence our activity and add to it the scientific rigour with which we deal with these delicate remains from the past. Nevertheless the archaeologist assumes that there are moments in field work that become a “bottleneck” and hold everything up. But these delays are not always accepted with the same scientific rigour and subconsciously or consciously we tend to find a faster way to get through them. We all know that an important part of our field activities are performed almost as if we were being timed with a stop watch, with small or ridiculous budgets and with social and administrative apathy or even negative attitudes. In a word, archaeology does not awaken maximum social interest a priori. Reactions usually accompany latest finds and, even then, the administration's interest quickly falls off once the “family photo” has been taken.

It is within this scenario that we archaeologists struggle to carry out our research as ethically as possible and in the best, or at least the most acceptable, technical conditions possible. Archaeology is not a professional sphere that moves enough economic capital to interest industry enough to approach us and see if there is a need for their products with or without technical adaptation. The researchers' restlessness leads them to test and expunge sundry and myriad “tools” to recycle and adapt them to our needs. Sometimes we need to physically adapt the tool. Other times we have to adequate our modus laborandi to the characteristics of the tool and sometimes we apply the tool directly.

We must recognise that archaeologists' training for field work is very

lacking in areas of know how that could stand us in good stead or from which we could make use of certain tools (industrial design, programme design, third generation languages, chemistry and physics, electricity and electronics, etc.) and by this we do not mean that the archaeologist must be some sort of Leonardo Da Vinci. No, but there are intermediate stages that could be of interest. Of course there are professionals in the areas I have mentioned; there have been and there will be in the future but we cannot always pay for their services nor are they willing to collaborate with the same disinterested attitude of the archaeologists. Thus we believe that either the mentality of scholars of antiquity (*sensu lato*) and administrations change a lot or our technology deficit will go on impeding the progressive rationalisation of our working procedures.

Our discipline is economically poor in general and modernisation usually results from a kind of "rebound" when a tool appears in a researcher's path and its discovery, modification and application spread among the other researchers quite quickly but not without misgivings, mistrust and sometimes even hardly justifiable or justified rejections. There still exists the widely extended hope of finding the "touchstone", the "essential tool" that permits the unequivocal acquisition of all the lacking data and the exact interpretation of the problem all in one step. But not all equally admit partial solutions and we must, however, settle for advancing with small steps, one at a time.

All of us that are participating in this Colloquium, one way or another, are interested in advancing the mechanisms that facilitate research work, management of data, safeguarding of data or streamlining its gathering wherever necessary. We know that some of them are effective; we are here precisely to talk about the achievements and ideas that have taken shape since our last meeting in Bilbao, which we organised in 1993. Since then we have seen some products marketed. The last one that I have heard about is Dr. Daniel Arroyo's ARQUEODATA for registering and documenting S.U. (Stratigraphic Units). I know that Dr. Carmen Olaria's work on lithic materials and ceramics with a specific sphere of application in Neolithic culture is very advanced as well as GEPRAN of the University of Granada; but here we shall be hearing of other computer products and of applications of commercial programmes to research. But, will they be accessible? Will they be sufficiently disseminated, sold or given away? Will they become standard? Will we dare to create a market place where the results are not only science but also solutions and even commercial activity?

We have said that there exists an important imbalance between needs and economic budgets. We can also state that there exists a numerical imbalance between professionals dedicated to generating "scientifically interpreted history" and those dedicated to generating "formally complete" tools within the "service circuit" that sustains the improvements and streamlines the processes of acquisition of data or their processing.

The maxim, "time is money", must generally be taken into account although we also know that, in our work, there are times when it is not possible to think in these terms. Society could not pay for it. But, indeed, there are aspects in which we can advance. Only 10 years ago a personal computer was a luxury item for a free lance archaeologist and even for some universities and museums. Today it is still a "luxury" in archaeology for each work place to be outfitted with a computer and for these to be technically up-to-date and adequate for the needs. Many diggings lack a portable for the field with programmes that facilitate documentation tasks. But, at least, this is a problem that can be compensated by working in a more traditional way and that is how the archaeologists of my generation, at least, and earlier solved the problems before we had the first computer.

Nevertheless there are some elements that are more essential in field work than being able to keep our diaries, notes and registers in the computer. I refer to the many topological data of our diggings that must be preserved so that, at any time or in the future, we or any other researcher can reconstruct the sequence of the digging and study new options, check hypotheses or undertake new research with the documented material. Drawing and the time it requires is, however, an important conditioning factor of the activity that limits the carrying out of all the documentation possible and, thus, gives rise to a selection of the data. If we add to this the special conditions that a site can present and the limitations of time, money and personnel shortages, we are influencing in a "non positive" way the preservation of pure data free from interpretation or selection.

We have been reviewing, one by one, points that highlight weak links in archaeological field work. One of the aspects that most worries us is on-site documentation. We must state that topographical equipment is still considered a luxury at a digging and I do not refer to stations that are connected through ditches or cribs or directly transmitting data via modem or any other communication system. Even the commissioning of a topographical survey and the placing of reference points in UTM coordinates within the work area are considered an "unjustified" expense not only for some administrations but also for some archaeologists that need that money to invest in other digging tasks. It is a first selection of the documentation that is supported and justified by the existence of 1:25,000 or, in the best cases, 1:5,000 scale drawings although this is usually very poor or unacceptable baseline data.

It is an all too common fact that there is no microtopographical survey with 0.25 m. or less level curves prior to the digging of a site, which we have found to be revealing at some diggings. By omitting this at the beginning of a dig, we are proceeding to the selection of what material is to be documented graphically (drawing) during the work process. It is likewise a common practice to proceed to the selection of which parts are to be drawn and which are not due to time (= money) masquerading under very common attitudes such

as "This does not provide information." But are we the research ceiling of the XXIst century to be able to make this decision? Those that did not keep the animal bones, the remains of carbon, did not take samples, did not stake out the site, did not co-ordinate the findings, did not take photographs or draw sketches have been and are currently criticised and so will we be. These criticisms are levied based on today's methodology and means and considering that not all the necessary information has been conserved from an old deposit which has been "destroyed" to be researched. Back then there were other reasons and motives for proceeding thus and, although we may understand them, we also know that they limit the possibility of restudying and reinterpreting the data. Often times it can be due to a lack of appropriate technology and other times the result of not foreseeing the possibilities of the future but still other times it can be due to cost cutting in terms of "less time invested in documentation", e.g.; graphic.

The time that must be dedicated to drawing the evidence is a general problem at all archaeological diggings. According to our experience, it is at least one third of the digging time that is dedicated to drawing.

There have been those who, years ago, undertook trying out faster ways of working like photogrammetry and photographic montage or by developing adequate systems for this problem. In the First Colloquium on Archaeology and Computers held in Saint-Germain-en-Laye in 1991, Gruel and Buchsenschutz presented an interesting tool conceived to solve and streamline on-site drawing since the process was computer based. On that occasion, we saw that it provided good solutions for flat terrains while problems could arise in more irregular zones like the ones in which we habitually work. The size of the utensil was a problem.

## 2. THE IDEA OF ARCHEOGRAF

An archaeologist's constant desire is to be able to manage the information of the drawings of a digging, to be able to make as many drawings as one wants for each work zone and later compose new views according to the hypothesis or the working ideas. It is a strong desire to be able to see the drawn data in 3D and even be able to vary the viewing angle. It would be greater support yet, if, to all of this, we added the information of the material found, the edaphological analyses, etc. But this is impossible unless we have the drawing and topography information in a flexible computerised system combined with data bases and graphics. Evidently this is inconceivable with traditional drawings.

We had been working on the idea of a tool for inputting the data from the terrain directly to the computer, but in the simplest way possible. With that aim, we thought that the work space (the digging) should be like a digitalisation tablet, but furthermore it should be capable of being a three

dimensional space behaving like a digitalisation tablet. On the other hand, the help available at a digging are not qualified to work with programmed mechanical devices and sometimes not even with commercial design programmes. Therefore another feature it should have is that of being very simple to use.

But what features must our desired tool have? It must be an easy to use utensil under any conditions at any site. It must be easy to transport, small in size, easy to install, light and resistant, with minimum maintenance, mechanical and use the fewest possible additional systems for functioning in the field. It must require the most standard qualifications possible to be used.

We have been working on the protohistoric Sanctuary of Gastiburu, Arrazua, Bizkaia. There is a set of 4 large structures (diameter: 24 m) shaped like horseshoes and laid out with the arms facing the central space, a square. Each structure has a large sized stairway and the perimeter is made up of rubblework walls. Under the stairway in one of them, we have discovered a chamber built with rubblework walls. This set, together with another made up of a line of 4 tumular shaped structures that are inserted between two of the former, are smaller (diameter: 18 m). The slopes and drops that have to be solved in order to draw the different pieces of evidence are sometimes important.

Within the parts that have been dug since 1985, we have found numerous remains of working of the stones and of decorative motifs. Documenting all this information has meant a very large investment of money-time in drawing. But this was the decision that we adopted right at the beginning and that drove us to seek ways to accelerate the drawing process. At first we multiplied the number of teams of on-site drawers. During the years 1987 to 1994, we incorporated a 1:20 set scale German field pantograph with a resolution of approximately 5%. The result has been satisfactory inasmuch as the work performed with this utensil meant a very large time=money savings in the field. We can quantify this improvement in the proportion of 12 m<sup>2</sup> for every 1 m<sup>2</sup> done with the traditional system in the same time and with evident improvements.

But, in spite of everything, under the heading of documentation, we had not solved all the processes; others continued being slow and costly. The drawings had to be mounted, then retouched and copied onto general drawings and later inked in and, in the end, we had one single, single-scale drawing on a semitransparent material and it was totally "rigid". It is impossible to get equal (1:1) reprographical copies without distortion, at least with the industrial apparatus that we have tried out. Therefore we kept coming back to a limitation of time=money and rigidity. So we began a process of CAD digitalisation of the drawings. We soon saw that, although we gained, with the process, in flexibility in combining the information, we were not managing to perfectly integrate the contour elevation data obtained in a conven-

tional way into a system that permits three dimensions. This was because the mentality with which the whole process had been carried out up until then had been with references taken to visualise contour elevation data on one plane and not for recreating 3D. We had not contemplated some of the needs that the CAD system would ask for. So we stopped the process until finding a more satisfactory solution to the whole planimetry problem that we had accumulated from the beginning of the digging to today. Our problem is not essentially different from what has happened at other diggings throughout the world.

In this state of affairs, we chanced upon a relationship with a young engineer in search of a topic for his degree qualifying project. Our problem turned into something that might get solved. ARCHEOGRAF was born with a theoretical study of the possibilities and the design of a prototype that permits evaluating the foreseen results by working directly with the computer, in the field, at real scale and in three dimensions.

### 3. DESCRIPTION OF THE ARCHEOGRAF

The ARCHEOGRAF system is conceived to perform the automatic gathering of Cartesian coordinates in 3D of the points of the polylines that reflect the structures or the objects that we wish to document (Figs. 1-6). The desire for speed and reliability led us to look at the available commercial design software. We consider that this has advantages over specific software for this application. The choice will be made based on the greatest flexibility, reliability and ability to create complex routines to be executed automatically as well as the possibility of calling up data bases or inserting elements from other software. Using this type of element is a way to eliminate a barrier between the tool and the user since, in many cases, the latter may be accustomed to using it.

The system consists of three fundamental parts: mechanical system, hardware and software.

#### 3.1 Mechanical system

The mechanical system consists of a framework of armatures, gears and pulleys mounted in an aluminium structure. The whole mechanical system is activated by the forward, backward or turning movement on the horizontal and/or vertical plane of a turnbuckle with an expansion coefficient of practically 0. Those movements are converted into electrical impulses that permit calculating the three dimensional Cartesian coordinates of the point or of each of the points along a polyline.

The system is capable of gathering points from within a 10 m radius sphere but this sphere contains a dead space caused by the body of the apparatus. This zone is the equivalent of a 30° angle beneath the apparatus.

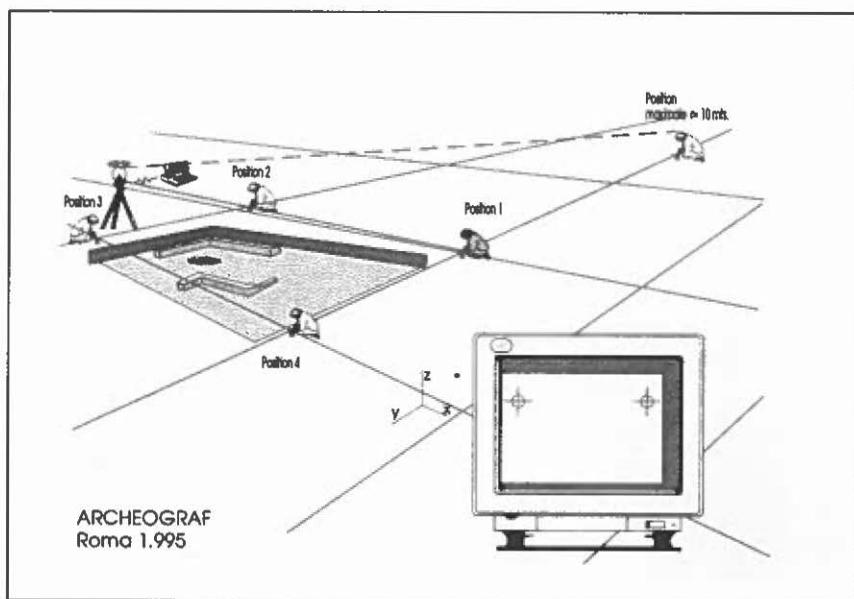
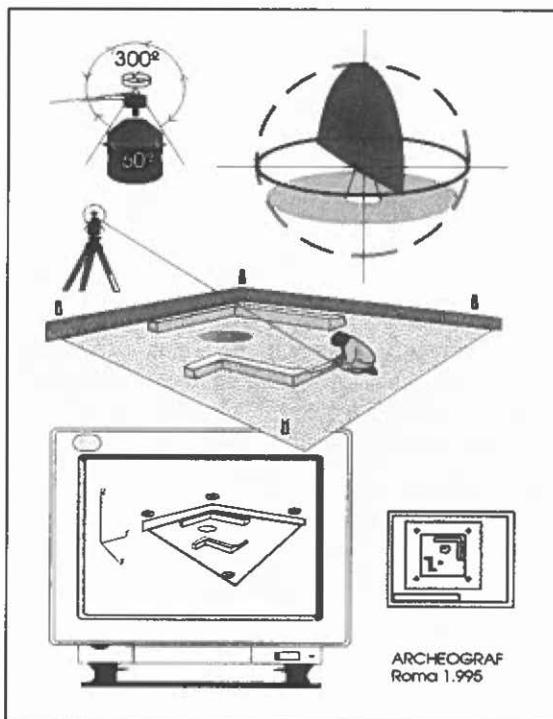


Fig. 1

### 3.2 Hardware

The hardware is a system based on a computer connected to the PC through the Rs-232 port. The function of the hardware is to carry out the measurements and transmit them to the PC when asked to.

Functioning of the hardware (pantograph)

mechanical system

measurement block

computer control

Rs-232 port to the PC

The measurement block converts the turns and movements of the mechanical framework into binary numbers that can be handled by the computer. This block is linked to the computer. The control block, besides performing the principle operating functions of the system, carries out another two:

- it receives the numbers that represent the positions of the pointer and converts them into adequate forms to be transmitted to the PC;
- it controls the communication protocol with the PC.

The Rs-232 port is the interpreter that is used to carry out the communication series with the PC.

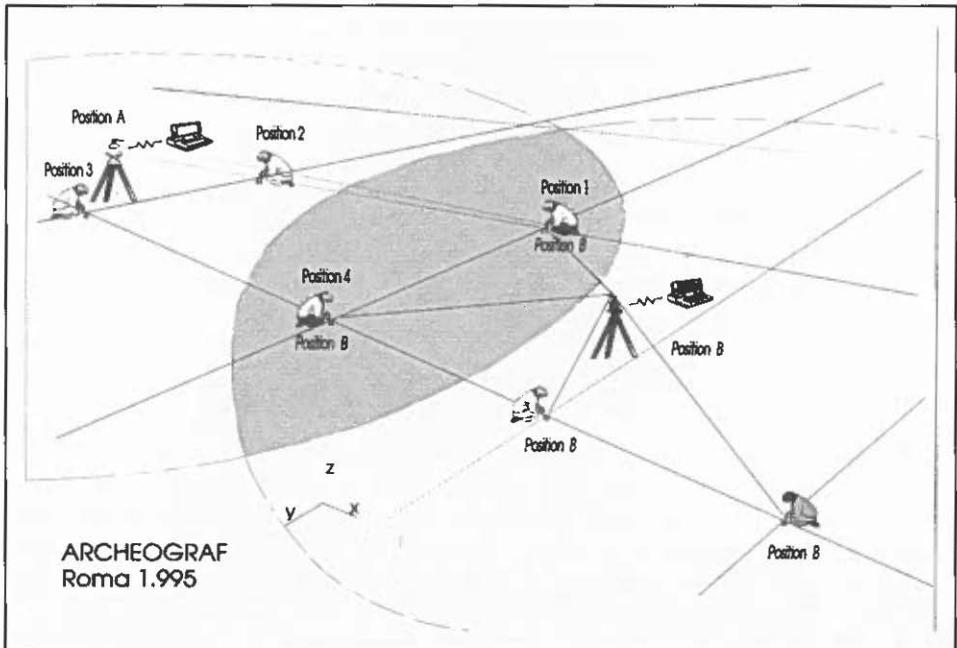


Fig. 2

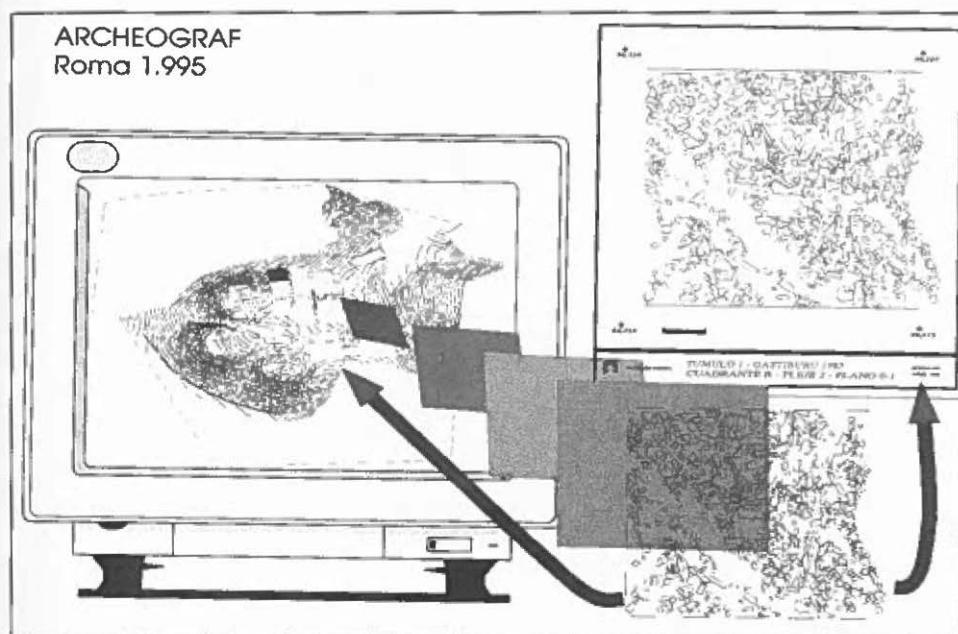


Fig. 3

### 3.3 Software

The software is an application that works from within Autocad. The principal characteristic of the system is that the points gathered by Autocad can be introduced by the ARCHEOGRAF. Thus the reality can be represented as virtual reality. The points can be introduced in 2D or 3D.

The most important feature of the software is that it is programmable. This means that sequences of orders that Autocad will execute sequentially can be created by an ASCII file. This little programming language is similar to that used by Autocad's "script files", but with orders that enable inputting points from the pantograph. This "programmability" feature makes it possible to generate complex structures by importing the data directly from reality.

Another important function of the software is to position itself over a reference system. That is, given four points, they are captured and, by means of the self-positioning algorithm, we obtain the position occupied by the pantograph in space. This function saves time when the pantograph is moved from one place to another to do a new drawing and can accede to far away zones that are difficult to get to from the previous position. At the same time that the different sectors of the digging get linked together automatically, they get documented in the X,Y coordinates as well as in their real position through the Z.

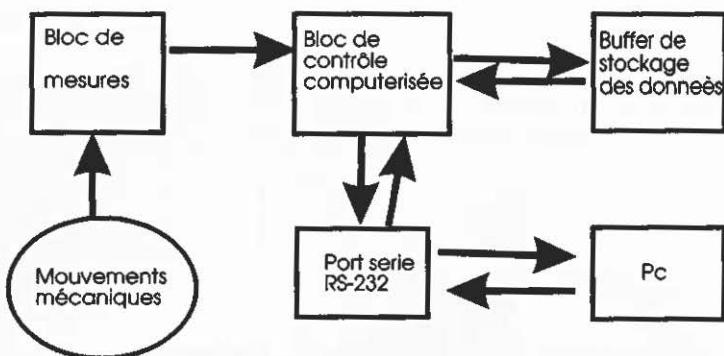


Fig. 4

The software developed so far meets the minimum requirements to carry out the previously mentioned characteristics. But there are already some concrete functions foreseen for specific applications. That is, specific function software can be created to construct complex three dimensional geometric structures from data asked of the user. These data could be inputted from the keyboard or from the ARCHEOGRAF. For example: drawing of a stone given the the contour and extrusion thickness no matter how the stone is oriented in space.

#### 4. CHARACTERISTICS OF THE EQUIPMENT

Scope: 10 m radius sphere. On the surface in the maximum radius plane: 3, 14, 102 - 314 m<sup>2</sup> minus the dead angle, which can be recovered from another position of the apparatus.

Resolution: in 10 m, the maximum error possible is estimated to be 3.8 mm. This error has increased from an error base of 0.7 mm in the first meter with errors in 3 m = 1.14 mm and in 7 m = 2,66 mm at real scale. The percentage would be 0.038% at a scale of 1:1; at the usual scale of 1:20, the error would be 0.0019% or, in millimetres, = 0.19 mm for 10 m.

#### 5. FUNCTIONING MODE

The equipment requires the collaboration of two people: one to handle the PC and one to handle the pantograph. The person handling the PC governs Autocad and through Autocad the orders that are transmitted to the ARCHEOGRAF. The person handling the pantograph just reads or moves the pointer along a trajectory so Autocad can execute the polylines or continuous lines.

The drawing thus obtained at real scale can be scaled, wireframed, con-

## RESOLUTION DES MESURES

RESOLUTION

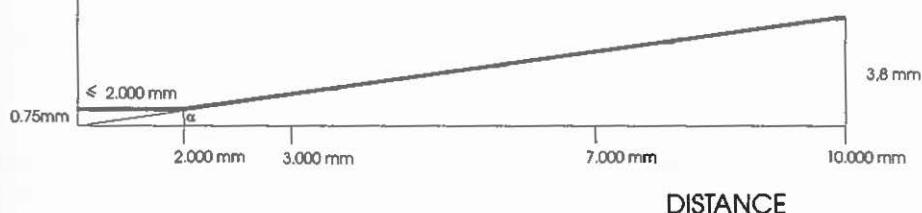


Fig. 5

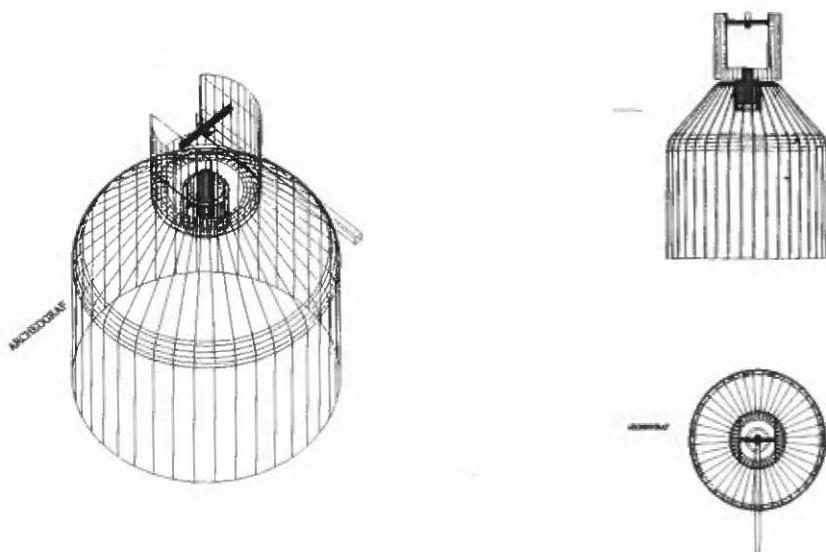


Fig. 6

verted to solid, presented in different positions in space, broken down and viewed according to the researcher's needs as well as totally or partially printed out if a printer is available on site.

## 6. CONCLUSIONS

Our ARCHEOGRAF work is not the only undertaking in this direction; others have developed their machines and still others will, too. Neither is the aim of our work just to reduce one of the cost factors of digging: time; our main concern lies in contributing to a deontological aspect of our profession. We can assume, and in fact it is consubstantial with field procedures, the total or partial destruction of the deposits as long as we document the destroyed sequence with total accuracy. The raw data must be preserved exactly as they were found with no selection under pressure of the cost of that documentation and without interpretation of that data. We aim to streamline that documentation but we are aware that in so doing we use a series of "fragile" utensils and supports. Who has never been betrayed by a diskette, a CD or a hard drive? One accident and all can be lost. But that is not the only problem. The speed at which we are being bombarded with new software and hardware and the quantity of tools designed by private individuals for these jobs and that are rigid in their communication systems and of doubtful future adequacy are another part of the problem when it comes to storing data. On balance there is a factor of insecurity about whether, in the mid and long term future, the computerised data will be available to us to help in reviewing the research or new projects.

It is generally accepted that our obligation as liaison between a buried past and a future with more and better knowledge is based on accuracy, the ample scope of the documentation and the permanence in time of the data that we gather. Consequently, if anyone were to ask me what would be the theme of the IV International Colloquium on Archaeology and Computerisation, I should propose: «The conservation and permanence of archaeological data and the evolution of computerised systems. Long term guarantees.» Once, in an old digging diary from the beginning of the century, I read, «...the tomb was located about two meters from where the foreman was». Where is the foreman today? Nowadays we have more methodology and more resources; our data are so important for research in the future that we cannot fail to be concerned with improving the quality and the quantity of what is collected and conserved for tomorrow.

LUIS VALDÉS, IZASKUN PUJANA  
I. MIKEL MARTÍNEZ  
Gastiburu S.L.  
Bilbao

## ABSTRACT

In archaeology, when data is gathered directly at the digging, we face a long series of steps that slow down and complicate this process. In general, they are inconveniences assumed by the archaeologist with no further ado; they are a drawback associated with or inherent in field work. But these circumstances may or may not be acceptable; they may or may not influence the quality of the interpretation, enable short term review or have unintentionally manipulated it by selecting what and how we document at the digging. When we work with serious time restrictions, with a limited budget and in poor conditions and at the same time want to get the best documentation to safeguard for the future and to be able to use during the development and study process, our attitude changes and we would wish to have an option that streamlines those vexatiously slow moments. That is when we ponder the options for automating as many processes as possible in the field.

Since 1985, we have been working on a digging, the uniqueness of which makes us wish to document each step with total accuracy. The information arises, sometimes, after many square meters of opened surface. Therefore we cannot fail to document anything. Add to this the fact that the digging itself and the interpretation of the place gave rise to a flood of controversy. Therefore there exists a double need to document the site completely. The work involved in drawing the charts and profiles soon became vexatiously slow. The very numerous elements of interest that we wanted and the succession of layers of information were a "bottleneck" where the economic budget vaporised. It was at the beginning of the work when we thought about "streamlining" through selective gathering of data. But we did not do so; we looked for alternatives, we tried them out and we substantially improved the performance.

In the final analysis, we had only improved the results in the field. We still had two steps left in the laboratory and, at the end, we would have only one rigid and modifiable chart at a very high cost. We all know how economic fluctuations effect budgets for digging. We needed to reduce our drawing costs in the field as well as in the laboratory in order to be able to destine that time and money to other segments of the research.

Since 1993, an interdisciplinary team has been working on the ARCHEOGRAF project. Right from the start we focused on obtaining a tool that would assist drawing for diggings and that would reduce cost and time within a framework of four basic requirements: 1) be as universal as possible, 2) be totally computerised, 3) be easy and accurate and 4) be accessible for archaeologists. Today this tool is a reality meeting all the requirements that we had set out and opening new expectations for more advanced versions.



## DIGITAL DATA AND THE CONSERVATION OF THE HISTORIC BUILT ENVIRONMENT

Over recent years, the awareness of the need for conservation of the historic built environment has increased, and the role of the building historian and archaeologist, and employment of modern survey techniques and associated computer applications, has been extended.

An accurate record of a building or site is often an essential prerequisite to the planning of fabric and ground intervention works. As well as providing the basis of detailed works specifications and other contract documentation for conservation and management programmes, the record also informs the processes of analysis and interpretation, and thus enhances an ability to understand the significance of the historical and archaeological resource.

The production of graphic documentation is dependent on careful preparation and selection of the basic survey requirement. A variety of different methodologies, equipment and related software packages are available to capture, manipulate and output survey data. The choice of the most appropriate and reliable methodology should be dictated by the scale, accuracy and level of recording required. Data acquisition by means of photographic-based, instrument-based and hand-measured survey techniques may be applied individually, or more commonly in combination, and are increasingly being linked to CAD systems for onward processing by digital means (Fig. 1).

**Instrument-based survey** is a basic requirement for recording programmes in order to establish and maintain a standardised control framework, ideally in three dimensions and linked to national coordinates. Instrument survey may comprise total station observed control, consisting of a closed-traverse run, around and through a building or site, followed by trigonometric intersection of suitably observed points on a facade; or EDM tacheometry utilising micro-prisms (or reflectorless EDM survey) for cross-sections through complex enclosed structures.

**Photographic-based survey** (with instrument-based or hand-measured control) includes:

- close-range photogrammetry (based on stereo photography taken using 'metric' or 'partial metric' cameras)
- rectified photography (consisting of single photographs or a mosaic of overlapping photographs taken using large- or medium-format cameras aligned square to the object)
- semi-oblique photography (consisting of single or multiple non-metric photographs or freeze-frame video stills taken in a tilted plane to the object).

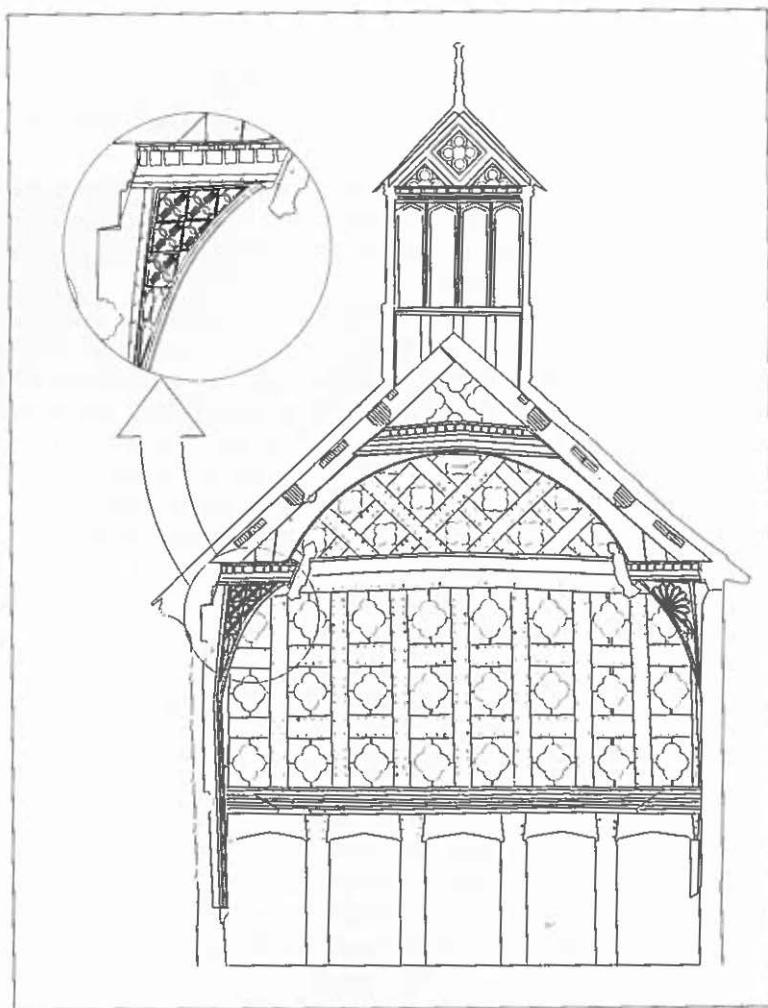


Fig. 1 – Rufford Old Hall (Lancashire, UK) – CAD drawing derived from reflectorless EDM and rectified photographic survey of a cross section of the late fifteenth-century Great Hall in advance of major roof repairs (Client: The National Trust. Drawing: Lancaster University Archaeological Unit).

Digital data processing within a CAD environment ensures:

- accuracy (raw survey data is incorporated into the CAD system and manipulated with no loss of original accuracy)
- security (the original data can be copied cheaply for storage or distribution)
- flexibility (it is possible to view and output data in a multitude of ways, at different scales, sizes and colours, and in two and three dimensions; to

- layer drawing files and incorporate relevant textual information, as well as to spatially relate existing analogue records)
- economy (re-drawing, alterations and many of the more repetitive processes can be undertaken automatically).

CAD packages are many and varied, ranging from the simpler to the more advanced. The main differences between them include:

- the range of drawing and editing functions
- the efficiency and speed with which they carry out tasks
- flexibility of application
- three-dimensional modelling and rendering capabilities
- ability to customise to suit particular needs
- compatibility with other software and ease of file transfer
- interfaces with relational databases.

Not all structures need to be recorded in the same detail and different levels or hierarchies of documentation will be required in different circumstances, depending on the projects' aims and objectives, and in accordance with written specifications. Levels can range from comprehensive recording of complex buildings or sites, to selective recording of structures of more regular or repetitive construction. If the survey requires photography, then this may become the end product in itself. For comprehensive drawn records, each individual component of the relevant parts of a building's facade may be delineated. For selective recording, an outline of the major architectural features and associated detail is often sufficient. Where appropriate, these outline drawings can be supplemented by the provision of scaled rectified photographs to form a composite record.

For example, the requirements which may be considered for the different types of drawn and photographic record for a major building conservation project might include:

- base records (plans, elevations, cross-sections, and details)
- intervention records (before and during works and 'as-built')
- analysis and interpretation records (material type, surface finish, building periods, construction phases, occupational detail, and evidence for abandonment, demolition, reconstructions and projections).

What problems and opportunities face us:

1. More work is necessary to appraise and evaluate the performance of different types of survey and computer hardware and software against the practicalities of their use for the capture and manipulation of data both on and off site. The relative merits of the increasingly available low-cost systems offering so-called 'simple photogrammetry' could be explored, and developments in the use of high resolution digital cameras, video

- rectification, reflectorless instrumentation, and pen-pad computers furthered.
2. Accepted guidelines for the different levels, hierarchies and specifications for documentation need to be established, or existing ones more widely publicised.
  3. The use of such data beyond the archaeological record also needs to be addressed, and raises questions of whether file types, layering conventions and software should be standardised, and where and how the data should be safely held and properly archived and/or disseminated.
  4. The value of three-dimensional computer modelling and virtual reality as aids to academic research and conservation management (as well as to presentation, education and marketing) could be expanded. The level and accuracy of detail and the methodology of two- and three-dimensional coordinate data capture are factors here, as are the affordability of hardware platforms and rendering and animation packages, and the availability of suitable training courses.
  5. The creation of substantial data sets such as currently exist for large conservation or facility management projects are now requiring the full integration of three-dimensional survey and CAD systems with relational databases. Further work is necessary to establish whether these GIS principles have a major part to play in advancing spatial and functional analyses.

Finally, and perhaps above all, the now commonplace use of digital data offers the prospect of greater integration between those bodies responsible for the protection and management of the historic built environment, and the benefits of improved links within the planning, conservation, architectural and archaeological professions. It is only by working in close partnerships within multi-disciplinary teams that the historical and archaeological value of buildings and sites can be preserved and released.

JASON WOOD  
Lancaster University Archaeological Unit  
Lancaster

## BIBLIOGRAPHY

- WOOD J. 1994, *Major Conservation Projects: Recording Ancient Monuments - LUAU's methodologies and procedures*, in J. Wood (ed.), *Buildings Archaeology: Applications in Practice*, Oxford, Oxbow Books, Oxbow Monograph 43, 183-208.
- WOOD J. 1995, *Recording Techniques for the Conservation and Presentation of Standing Buildings*, in J. WILCOCK, K. LOCKYEAR (eds.), *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1993*, Oxford, Tempus Reparatum, BAR International Series 598, 229-230.
- WOOD J. 1996, *Record Making* in J. TAYLOR (ed.), *The Building Conservation Directory 1996*, Tisbury, Cathedral Communications, 12-13.

WOOD J., CHAPMAN G. 1992, *Three-dimensional Computer Visualisation of Historic Buildings – with particular reference to reconstruction modelling*, in P. REILLY, S. RAHTZ (eds.), *Archaeology and the Information Age: A Global Perspective*, London, Routledge, One World Archaeology 21, 123-146.

#### ABSTRACT

This paper illustrates the importance of digital records for the conservation of historic buildings and sites. The various survey techniques appropriate for the production of graphic documentation are explained, with an outline of the advantages of processing within a CAD environment. It introduces the debate on the scope and level of recording, and identifies problems and opportunities requiring further research. Finally, the paper stresses the need for integrated project management, and the development of recording strategies in conjunction with all other professional bodies involved in the conservation process.



## COME USARE AUTOCAD E VIVERE UGUALMENTE FELICI (L'ENNESIMO SISTEMA PER LA RACCOLTA DEI DATI STORICO-CONSERVATIVI)

### 1. PRESENTAZIONE<sup>1</sup>

Il progetto di ricerca sulla documentazione grafica nei restauri nasce nell'ambito dei rapporti di collaborazione tra ICCROM e ICR (BUZZANCA, GIORGI 1995).

Tra gli obiettivi del gruppo v'è quello della formazione del tecnico della documentazione: è una figura che, seppur dotata di un patrimonio conoscitivo autonomo, può sovrapporsi, fino a coincidere, col tecnico della conservazione. Quindi se avviene, come spesso avviene, che debba essere responsabilità del tecnico della conservazione di curare la documentazione occorrerà che questi, oltre ad essere consapevole dell'azione che compie, venga fornito di un duttile strumento tecnico informatico, di tipo *leggero* ed *user friendly*, per la registrazione del dato grafico e documentario e che, in generale, vengano sviluppate capacità di gestione informatica elementare da parte di quanti operano materialmente sull'opera, sullo scavo, sul manufatto, etc.

Ulteriore, e non secondario, obiettivo è quello di individuare una serie di requisiti prestazionali mediante i quali indirizzare la scelta dell'hardware e del software utilizzato in cantiere.

Perché privilegiare il cantiere? È il cantiere, di fatto, in cui la capacità del ricercatore di osservare ed interpretare relazioni complesse si inserisce in realtà dinamiche molto più vaste del segmento indagato. È nel cantiere che è necessario sfruttare le enormi potenzialità degli elaboratori per immagazzinare e trattare in modo semplice una grande quantità di dati.

Ciò che si desidera ottenere, in altre parole, è che il restauratore o il disegnatore possano registrare, anche in forma definitiva direttamente in cantiere, i dati relativi alle mappature tematiche, distinti per ciascuna delle categorie e delle classi in cui si articolano le documentazioni grafiche per il restauro, senza intaccare la complessità intrinseca dei software adottati e, purtuttavia, senza preventiva preparazione tecnica iper-specialistica.

### 2. SOFTWARE CAD

Quanto promesso doveva essere compiuto, all'interno del software di riferimento comune per la documentazione grafica di tipo vettoriale median-

<sup>1</sup> Per la scrittura dei singoli paragrafi: E. Giorgi ha redatto il n° 1; il n° 2 è scritto congiuntamente; G. Buzzanca ha redatto gli altri paragrafi.

te un set di comandi che, automatizzando le procedure, consentisse, ad esempio, con unico comando di settare il disegno su quel determinato piano, scegliere un determinato colore, impostare particolari parametri per le variabili d'ambiente, circoscrivere un'area e campirne l'interno con quel determinato motivo di tratteggio che, in maniera pre-normata, esprime (mimeticamente o per codici) il tipo di alterazione rilevato.

Pochi gli esempi editi nella letteratura specializzata relativi ad esperienze analoghe di **cantiere di restauro e documentazione grafica informatizzata** (MITCHELL 1991; NARDI 1992; CARLUCCI 1994)<sup>2</sup>. Interessanti alcune esperienze di stampo fortemente pragmatico elaborate in Canada dal Gruppo che fa capo all'**ICOMOS** per un approccio ad AutoCAD (NICKERSON 1994) teso a semplificare e demistificare il ruolo degli stregoni della restau-tronica.

Nel nostro caso, due sono le grandi classi di problemi da risolvere. Da una parte tutte le remore di tipo psicologico legate al potere magico del mezzo informatico, alle resistenze personali di tecnici fortemente legati, anche emotivamente, al proprio ruolo di calligrafi-documentatori muniti di matita (NOVELLO MASSAI, GARZINO 1994).

Dall'altra parte sono da risolvere tutti i problemi di tipo tecnico legati:

- all'acquisizione digitalizzata della base grafica;
- alla strutturazione della forma della documentazione;
- alla normalizzazione di tipologie di retini;
- alla personalizzazione delle procedure accessorie del programma CAD.

Per quanto concerne il primo punto la modalità prescelta è stata quella della rappresentazione ibrida vettoriale/raster. Vettoriale è la definizione del "modello delle informazioni" nella loro estensione topografica mentre raster può essere il "modello dell'oggetto" nelle sue caratteristiche dimensionali-iconografiche.

Abbiamo scelto la strada dell'overlay, ovvero del file raster, importabile in programma CAD e non soggetto a manipolazioni. Una vera e propria lastra fotografica su cui sovrapporre i fogli di acetato con le registrazioni effettuate.

Sono stati sperimentati con un certo successo anche i software di vettorializzazione automatica adottati nella restituzione di aereo-fotografie per le applicazioni G.I.S.

Per quel che riguarda il secondo punto si è fatto pieno riferimento volta per volta a documenti ufficiali: è questo il caso del report dell'**ICCROM Graphic Documentation** (CAVEZZALI 1993) utilizzato nel caso del cantiere sui dipinti murali al Foro Romano.

Forma della documentazione, struttura delle tavole e conseguente sim-

<sup>2</sup> Per completezza d'informazione va ricordato anche il controverso "Modello Iconometrico Re.Fran" (fotogrammetria a distanza subliminale) elaborato da R. Carlucci e adottato per la caratterizzazione dello stato di conservazione di edifici monumentali nell'ambito di un rilevante progetto a direzione scientifica dell'ICR.

bolo utilizzato sono stati mutuati volta per volta, nella dozzina di versioni messe a punto, da questo report sebbene la forma della documentazione sia comunque struttura aperta e, quindi, sempre migliorabile e/o modificabile e come tale non incide sulla strutturazione del sistema software. La scelta di occuparsi di dipinti murali è strettamente contingente. Lo stesso metodo è esportabile, evidentemente alle sculture così come ai legni policromi o alle ceramiche o a qualsiasi altro materiale.

Per le normalizzazioni delle tipologie dei retini si è attinto alle esperienze edite nel campo della documentazione grafica dei e nei restauri (VAROLI-PIAZZA 1984; VAROLI-PIAZZA 1986; RACCOMANDAZIONE NORMAL 1/88; VEDOVELLO 1986). Particolare attenzione è stata posta nei confronti dei documenti ufficiali del Gruppo della Commissione Nor.Ma.L che si occupa di Documentazione Grafica per i Dipinti Murali.

Il quarto punto: il software CAD utilizzato è un vero e proprio standard: AutoCAD (AutoDesk Inc.) le cui potenzialità sono state messe a frutto, per scelta programmatica a basso profilo.

### 3. PERSONALIZZAZIONE DI AUTOCAD

Le più semplici possibilità di personalizzazione del programma si ottengono modificando i files di supporto al programma principale (Fig. 1):

- i files di menu;
- le librerie di diapositive;
- i tipi di linea.

Mediante il linguaggio di programmazione *AutoLISP* è possibile poi un livello di personalizzazione e modifica quasi illimitato.

Esiste anche la possibilità di riscrivere l'“Aiuto” del programma. Questo se pure non apporta modifiche al programma consente di calibrare l'uso del software aggiungendo, nella lingua desiderata, specifiche ed informazioni relative all'utilizzo di questo in modalità pre-determinata.

La registrazione intelligente dei dati è, in particolare, resa possibile mediante la personalizzazione dell'interfaccia utente del file di menu: il file di menu determina l'elenco delle scelte di programma proposte all'operatore ovvero ciò che si ottiene selezionando, mediante dispositivo di puntamento a video o tavoletta grafica, una determinata casella del menu.

Ometteremo in questa sede le osservazioni e le possibili indicazioni relative all'utilizzo dei blocchi, agli attributi, ai riferimenti esterni ed alle tecniche di layering. Queste verranno contenute in un piccolo manuale d'uso allegato ad un dischetto che conterrà tutti i files oggetto di personalizzazione dei file di menu. Il dischetto sarà, ovviamente, *public domain* (ad eccezione di alcuni files relativi a programmi di tipo *share-ware*) e a disposizione di chi volesse seriamente testarne le possibilità ed eventualmente implementarne le

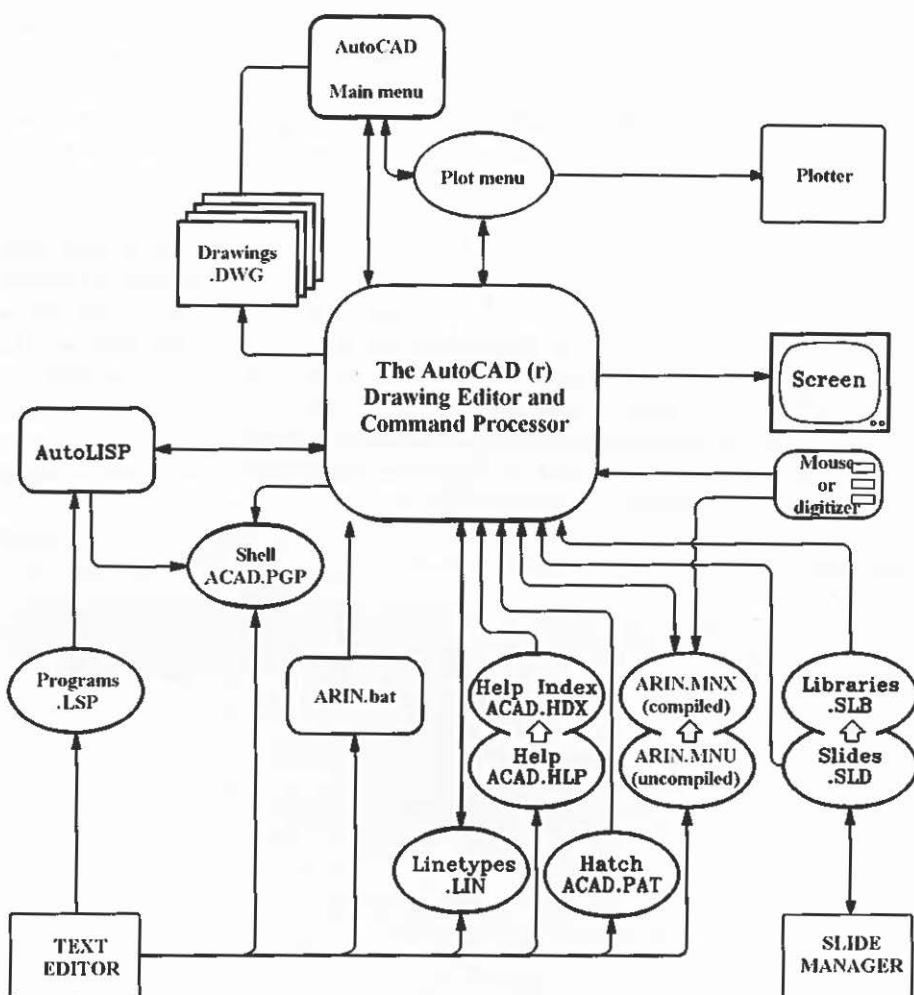


Fig. 1 – AutoCAD System Organization and ARIN’s (ARcheologia ed INformatica) Structure (tratto da SMITH, GESNER 1990, con modifiche).

prestazioni dell'applicativo volendosi garantire, ovviamente, la condizione di felicità imprudentemente assicurata nel titolo della relazione<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> La vera Bibbia dell'utente AutoCAD è la rivista CADENCE, rivista edita da Miller Freeman Publication. La rivista, vera e propria fonte inesauribile di «Tips and tricks» è consultabile su carta (costa 10 dollari fuori dagli USA) e via modem. In questo caso vi sono tre diverse possibilità: su Internet (<ftp://ftp.mfi.com/pub/cadence>); su di un Bulletin Board direttamente gestito dalla stessa rivista (415) 905-8130 oltre che su Compuserve. Per gli utenti AutoCAD che siano contemporaneamente «conservatori» non esistono pubblicazioni diverse da «Archeologia e Calcolatori» ed alcuni articoli su «Disegnare.

La immaginaria licenza d'uso è esclusivamente e simbolicamente legata esclusivamente al rispetto dell'altrui produzione ed alla condivisione delle sperimentazioni e delle esperienze maturate.

Il possesso del software AutoCAD (preferibilmente a partire dalla versione 12) è, indiscutibilmente *conditio sine qua non* per l'utilizzo delle file inclusi nel dischetto. Lapalissiano, ma non troppo. La soluzione qui proposta modifica esclusivamente i menu a rotolo (Pop-Up menu).

Non è stato elaborato un menu di tavoletta perché l'attuale diffusione di personal-computer di tipo portatile ha diffuso capillarmente l'uso del mouse come strumento di puntamento. Il possesso e l'utilizzo della tavoletta grafica segnala, con evidenza, il raggiungimento di una certa professionalità cui non si dovrebbe indirizzare questa relazione.

Il portatile è anche lo strumento che è doveroso utilizzare in cantiere, evitando, per intuibili motivi di salvaguardia dell'hardware, la sistemazione di postazioni fisse.

La versione fornita è utilizzabile solo per rilievi eseguiti in scala 1:10. In caso diverso i retini saranno o troppo grandi o troppo piccoli. Questo contrasta non i principi stessi della elaborazione informatica, teoricamente indifferente al rapporto di scala, ma tiene conto di alcune difficoltà amministrative poiché i committenti pubblici non riconoscono ancora validità al documento computerizzato se non quando è restituito su supporti indefor- mabili tipo poliestere o astralon.

Sono tuttora in corso prove di parametrizzazione dei retini e delle entità grafiche utilizzate per le mappature tematiche. In alternativa sarà possibile produrre 5 diversi menu alternativi (per i rapporti di scala 1:1, 1:5, 1:10, 1:20, 1:50) tra i quali sarà possibile scegliere tramite una semplice opzione. Già ora, nel menu proposto, è possibile scegliere tra diversi menu (ARIN, ACAD ed il software di visualizzazione vector-raster).

#### 4. IL DISCHETTO ARIN-CAD

Sono necessari alcuni semplici accorgimenti. L'applicazione è semplice ma necessita di indirizzi corretti e files incorrotti.

Al prompt di c: >, inserito il dischetto nell'unità a:, occorrerà digitare a:\ARIN-CAD. Questo lancerà il file batch che creerà una directory in cui collocare file di personalizzazione e disegni elaborati e decomprimerà in questa directory tutti i file forniti.

Nella organizzazione del file batch necessario per il lancio del software

Idee Immagini» rivista del Dipartimento di Rappresentazione e Rilievo della Facoltà di Architettura dell'Università degli Studi di Roma. Molti articoli di matrice esclusivamente commerciale si trovano sparsi in molte altre pubblicazioni. La serietà di queste elaborazioni è, solitamente, inversamente proporzionale al costo dell'applicazione propagandata, costo quasi sempre elevato.

AutoCAD assieme alle personalizzazioni proposte saranno opportune queste variazioni. Il nostro esempio di batch file sarà mirato alla conservazione dei disegni in una directory denominata ARIN (Archeologia ed Informatica). Nella directory ARIN (il nome può essere scelto volta per volta, secondo le esigenze dell'utente) saranno decompressi tutti i file contenuti nel dischetto ARIN-CAD.

Sarà solo necessario ricordarsi di modificare opportunamente il batch file ovvero crearne tanti diversi quante sono le directory necessarie. Il dischetto ARIN-CAD contiene anche copia del file ARIN.BAT che verrà copiato nella directory principale e che servirà per lanciare software ed applicazione.

Modificare con il comando EDIT del Dos, o con un editore di testi utilizzato in modo ASCII, il file con le indicazioni corrette che sono, in primo luogo il nome della directory di AutoCAD e della directory di lavoro.

|   |  |
|---|--|
| C:  | ; accede all'unità disco dove si trova la directory di lavoro.     |
|   | ; Se l'unità disco sarà diversa da C: occorrerà modificare il file |
|   | ; indicando la lettera identificativa dell'unità stessa            |
| CD\ARIN   | ; indica su quale directory aprire il software                     |
| SET ACAD=C:\ARIN;C:\ACAD\SUPPORT;C:\ACAD\FONTS; | ; indica le directory utili per il lancio del software.            |
|   | ; Se la directory contenente l'AutoCAD avesse nome diverso         |
|   | ; occorrerà variare tutte le indicazioni relative al nome della    |
|   | ; directory  |
| SET ACADCFG=C:\ACAD                             | ; indica dove si trova il file di configurazione                   |
| SET ACADDRV=C:\ACAD\DRV                         | ; indica dove si trovano i file dei driver                         |
| C:\ACAD\ACAD %1 %2                              | ; avvia il programma AutoCAD                                       |
| SET ACAD=                                       | ; ripristina la variabile ACAD                                     |
| SET ACADCFG=                                    | ; ripristina la variabile ACADCFG                                  |
| SET ACADDRV=                                    | ; ripristina la variabile ACADDRV                                  |
| CD\   | ; esce dalla directory di lavoro rientrando nella root directory   |
| C:  | ; ritorna all'unità disco principale                               |

Il lancio del software AutoCAD avverrà lanciando il disegno prototipo ARIN (contenuto nel dischetto). La strutturazione dei layer del file è quella minima necessaria per accettare tutte le registrazioni dello stato di conservazione e delle tecniche d'esecuzione previste dall'attuale forma della documentazione.

Per utilizzare ARIN come modello per tutti i files elaborati occorrerà modificare a proposito la configurazione del software indicando ARIN come file prototipo.

## 5. FILE DI MENU

Il file sorgente di menu non è altro che un file ASCII di testo con estensione .mnu, che contiene sequenze di comandi AutoCAD. Macro di menu o

stringhe complesse debbono, evidentemente, contenere questa somma di istruzioni operative.

La versione di AutoCAD per cui vengono proposte queste semplici utilities è la 12. La visualizzazione dei menu a finestre successive è possibile solo a partire da quella versione.

Tutte le voci sono scritte in codice internazionale. Il funzionamento sarà garantito qualsiasi sia la lingua d'interfaccia utente, adottata dal software.

Adeguare il menu alle versioni precedenti di AutoCAD è operazione possibile, se necessaria, con un minimo dispendio di energie intellettive.

La soluzione qui proposta modifica, come già ricordato, esclusivamente i menu a rotolo. L'area di menu di schermo è modificata solo per quanto concerne la schermata di presentazione, ma per pura vanità, perché contiene il *marchio* della modifica effettuata.

I file di menu sono suddivisi in sezioni relative ad aree di menu specifiche. La programmazione ha riguardato l'area di menu a discesa e di cursore, l'area di menu a icone nonché, in piccola parte, l'area del menu di schermo.

Queste, a titolo esemplificativo, sono alcune delle voci scritte per l'area di menu ad icone richiamate dal POP-UP menu:

```
**TECHEXPALA2
[Paint layer - Decorative finishings]
• [pala2(dfa)] ^ C ^ C ^ P_color _bylayer ^ P_Insert;dcircle1;\;;
$ [pala2(dfb)] ^ C ^ C ^ P_setvar ltscale 1; ^ C ^ C ^ P$S=X $S=chlt _LINETYPE _set
continuous ;_pline \w;0.6;0.6
• [pala2(dfc)] ^ C ^ C ^ P_color _bylayer ^ P_Insert QUADR;\;;
[ Exit] ^ c ^ c

**STACORENDE
[Rendering]
$ [scrende(c1a)] ^ C ^ C ^ P_color _bylayer ^ P_setvar ltscale 1; ^ C ^ C ^ P$S=X $S=chlt
_LINETYPE _set continuous ;_pline \w;0.3;0.3
+ [scrende(c1b)] ^ C ^ C ^ P_color _bylayer ^ P_donut 0.1 0.8 \
* [scrende(c1ca)] ^ C ^ C ^ P_color _bylayer ^ P_hatch line 15 90
* [scrende(c1cb)] ^ C ^ C ^ P_color _bylayer ^ P_hatch line 27 90
$ [scrende(c1d)] ^ C ^ C ^ P_color _bylayer ^ P_setvar ltscale 1; ^ C ^ C ^ P$S=X $S=chlt
_LINETYPE _set continuous ;_pline \w;0.6;0.6
[ Exit] ^ c ^ c
```

#### LEGENDA:

- Voce di menu richiamante un disegno (estensione DWG)
- Voce di menu richiamante un retino dal file modificato ACAD.PAT
- + Voce di menu richiamante una stringa di comandi
- \$ Voce di menu richiamante una stringa settante un modello di tipolinea e un comando di polilinea

L'utente che, con il pre-requisito di un minimo di esperienza in programmi di editazioni testi, intenda effettuare variazioni o personalizzazioni sul file acad.mnu potrà sostituire le sezioni \*\*\*POP e \*\*\*ICON dell'ACAD.MNU standard con quelle contenute nel dischetto allegato (POP-UP.MNU e ICON.MNU).

È preferibile utilizzare il file di menu non compilato ARIN.MNU così come è. Il file può essere richiamato direttamente dall'interno di AutoCAD, digitando il comando MENU e selezionando il file ARIN.MNU nella directory di lavoro.

## 6. VISUALIZZAZIONE DELLE SLIDES NEI MENU E SLIDE LIBRARY

L'area di menu ad icone è stata il fulcro dell'intervento di progettazione software. AutoCAD, nella sua versione standard, visualizza le diapositive di icone a gruppi di 20.

Questo non era consigliabile per salvaguardare la leggibilità dell'interfaccia utente: troppe icone nella stessa pagina di opzioni di scelta, mentre l'articolazione in tavole tematiche relative alla documentazione grafica prevede la riduzione del numero e della varietà dei tematismi che possono essere raccolti nella stessa pagina.

Di fronte al rischio di avere solo tre o quattro icone attive, su una pagina che ne presenta almeno venti, è sembrato più opportuno adottare una pagina dotata di nove icone. Se si desidera migliorare la qualità della visualizzazione dei comandi, e quindi la complessiva leggibilità dell'interfaccia utente, si compiano le operazioni descritte nel dischetto che modificano opportunamente il file di riquadri di dialogo programmabile acad.dcl. Digitare ACAD\_DCL e seguire le istruzioni.

Sono stati poi realizzati una serie di file recanti le slides (istantanee del monitor grafico) dei singoli motivi di tratteggio, blocchi o tipolinea programmati. Le slides sono state organizzate (mediante utilità presenti nel corredo del software<sup>4</sup>) in gruppi ordinati riconoscibili dall'estensione slb (slides library).

Le slide libraries sono richiamate direttamente dal menu. Se non si troveranno sulla directory di lavoro si rischierà di avere riquadri pieni di slides nere.

## 7. MOTIVI DI TRATTEGGIO

La definizione dei pattern (motivi di tratteggio), definizione che tenesse anche conto, nel caso di una loro possibile sovrapposizione, del mantenimento della piena leggibilità dei singoli pattern sovrapposti, ha comportato la modifica del file ACAD.PAT che contiene il file di descrizione dei pattern standard di AutoCAD.

La progettazione dei motivi di tratteggio (SMITH, GESNER 1990), biuni-

<sup>4</sup> Formidabile strumento di lavoro per manipolare le slide e le slide libraries è il software Share-ware SLIDEMGR.EXE SlideManager 5.14 - Copyright (C) 1991 - John Intorcio contenuto nell'AutoCAD Release 12 Bonus CD, secondo il seguente percorso: DOS\dosutils\slmgr.exe. Mediante questo software è possibile costruire qualsiasi slide library, utilizzando anche le slide originali di AutoCAD. Per ottenere le slides originali caricare, sempre dall'AutoCAD Release 12 Bonus CD, il file compresso auto-esplodente: \r12files\acadslb.exe

vocamente definiti nel rapporto con il loro significato, avviene per definizione (mediante descrizione geometrica codificata) di alcune delle caratteristiche geometriche dei vettori che costituiscono le unità elementari che compongono il singolo segno grafico: angolo di inclinazione, origine x, origine y, delta x e delta y. Tutti i motivi di tratteggio sono costituiti da una o più famiglie di linee parallele: questo esclude archi e circonferenze ed include i punti, caso limite di semiretta.

I motivi di tratteggio progettati per la occasione specifica sono conservati nel file ACAD.PAT che verrà decompresso, durante l'installazione, dal dischetto ARIN-CAD nella directory di lavoro. Non modificare il file ACAD.PAT presente nella directory SUPPORT del software AutoCAD.

## 8. LISP PER PICCOLE OPERAZIONI

Una piccola serie di routine Lisp (a caricamento non automatico) è stata utilizzata per effettuare molte delle operazioni tra e con i layer, i singoli piani in cui ciascuno dei disegni è articolato. Le routine derivano da alcune routine sia share-ware sia edite sulla letteratura specializzata; hanno subito un processo di adattamento e traduzione ed il loro uso è gestito direttamente dal file di menu.

## 9. RINGRAZIAMENTI

Siamo grati nei confronti di Francesca Capanna, Federica Di Napoli Rampolla, Marcella Orrù e Corinna Ranzi, tutte restauratrici, che hanno direttamente sperimentato sia l'applicazione pratica sia la verifica della correttezza dei fondamenti logici e metodologici del progetto di ricerca.

GIANCARLO BUZZANCA

Sezione Conservazione Materiali Archeologici Subacquei  
Istituto Centrale per il Restauro (ICR), Roma

ELISABETTA GIORGI

Data Management International Centre  
for the study of the preservation  
and restoration of Cultural Property (ICCROM), Roma

## BIBLIOGRAFIA

- BUZZANCA G., GIORGI E. 1995, *Documentazione grafica assistita da elaboratori. Note operative*, «Archeologia e Calcolatori», 6, 119-138.  
CAVEZZALI D. 1993, *Graphic documentation*, manoscritto, ICCROM, Roma (anche Documento Nor.Ma.L. G/DM 5/94).  
CARLUCCI R. 1994, *Tecniche di documentazione del degrado del patrimonio culturale*, manoscritto.  
MITCHELL E. 1991, *Modelli informativi grafici automatici per l'archeologia, l'architettura*

- storica, il territorio, il patrimonio storico-artistico. Problematiche ed orientamenti, Documento Nor.Ma.L. G 3/91.
- NARDI R. 1992, *Esempi di grafica assistita da computer a fini di documentazione*, «Materiali e Strutture», II, 1, 33-41.
- NICKERSON S. 1994, *Cadd/Database integration for Field Use (a poor-man's GIS)*, manoscritto presentato al XXVII Meeting of the Canadian Archaeological Association, Edmonton, Alberta 4-8 May 1994.
- NOVELLO MASSAI G., GARZINO G. 1994, *Le problematiche del rilievo analizzate alla luce dell'elaborazione automatica e della grafica computerizzata*, in CUNDARI C. (ed.), *L'immagine nel rilievo*, Roma, Cangemi editore, 49-57.
- RACCOMANDAZIONE NOR.MA.L.-1/88, *Alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei: lessico*, Roma, CNR-ICR.
- SMITH J., GESNER R. 1990, *Inside AutoLISP. Using AutoLISP to customize AutoCAD*, Thousand Oaks, California, New Riders Publishing.
- VAROLI-PIAZZA R. 1984, *Proposals for the use of standard graphic symbols to record techniques of execution, states of conservation, treatments of restoration*, in *Restorer's Museologist's Scientist's Common Responsibility in the Protection of Museum Objects*, (Veszprem 2-12 July 1983), 1, 135-144.
- VAROLI-PIAZZA R. 1986, *Proposte di simbologia grafica per il rilevamento di tecniche d'esecuzione, stato di conservazione, interventi di restauro*, in *Manutenzione e conservazione del costruito fra tradizione ed innovazione, Atti del Convegno di Studi (Bressanone 24-27 giugno 1986)*, Padova, Libreria Progetto Editore, 719-724, tavv. 19-26.
- VEDOVELLO S. 1986, *Lo schema di rilevamento e restituzione grafica dei dati nel progetto di conoscenza e conservazione dei monumenti romani*, «Bollettino d'Arte», 35-36, 179-190.

## ABSTRACT

This research project on the graphic documentation used in restoration grew out of a collaboration between ICCROM and the ICR. Among the objectives of the group were the formation of a documentation technique and the development of a useful, *light* and *user friendly* information instrument for the registration of graphic and documentary data. The principle goal was to reach a situation in which the restorer/conservator or the draughtsman could record, in a definitive way and directly on site, all the data related to the mapping techniques, distinct for each category and class, which characterise the graphic documentation of a restoration operation, without having to give up their personal happiness. This should be accomplished without altering in a drastic way the intrinsic complexity of the software used, while avoiding any prior hyper-specialist technical preparation.

It is on site that it is necessary to maximise the enormous potential offered by data elaboration systems that can store and process such enormous amounts of data in a simple way. There are two major classes of problems to solve. On the one hand all the psychological barriers created by the personal resistance of the technicians strongly, and sometimes emotionally, tied on their role as documenters armed with pencils and crayons. On the other hand all the problems of a technical nature that are linked to the digital acquisition of the graphic base, to the planning of the form of the documentation, to the standardization of the topology of the hatch patterns and the personalization of the accessory procedures to the CAD programme.

## IL CONTRIBUTO DELLA CARTOGRAFIA NUMERICO-DIGITALE NEL RILEVAMENTO ARCHITETTONICO E TERRITORIALE COME BASE CONOSCITIVA DI ANALISI DELLE TESSITURE MURARIE E DELLO SVILUPPO STORICO URBANO

### 1. PREMESSA

L'analisi urbana dei centri storici, nella loro complessità di insedimenti abitativi e monumentali, rappresenta un patrimonio che per la sua difesa necessita di conoscenza geometrica, conservazione e catalogazione. Anche la documentazione archeologica si avvale sempre più di strumenti che analizzano con estrema precisione l'oggetto-strato, intendendosi con tale termine non solo la struttura sommersa, ma tutto ciò che con essa ha contiguità. Le analisi implicano il coinvolgimento di esperti in rilevamento, conservazione edilizia e architettonica, storici, archeologi ecc.

Un aspetto significativo per l'analisi delle diverse tipologie costruttive e delle morfologie è la rappresentazione metrica, intesa non solo come rappresentazione delle geometrie, delle forme e delle dimensioni ma anche delle relazioni spaziali tra gli elementi costruttivi come ortogonalità, planarità, verticalità ecc. Tale acquisizione si basa sulla costituzione di un sistema che è continuamente estensibile senza la perdita dei livelli scaturiti dalle analisi precedenti. Gli esempi presentati tendono a mostrare la praticabilità di una banca dati che, partendo da un modello fotogrammetrico, consente di sviluppare successive analisi tematiche, senza vanificare mai i dati numerici e metrici di base.

### 2. RILEVO ANALITICO E DIGITALE

I moderni sistemi di rilevamento fotogrammetrico permettono la restituzione in cartografia numerica, con discretizzazione di entità topologiche gestibili con procedure di modellistica solida, contribuendo così a mettere a punto ulteriori elementi di analisi spaziale e strutturale dell'oggetto. Questo può essere «prelevato» dal suo contesto e restituito in 3D dopo una serie successiva di analisi e di verifiche.

La progressiva evoluzione del trattamento, attraverso l'elaborazioni di dati e immagine, realizza fotopiani ed ortoimmagini digitali gestibili da comuni software utili a successive analisi tematiche, autonome dal rilevatore e dal sistema di rilevamento adottato, ma scelte dai singoli utenti che possono di volta in volta decidere su specifiche analisi (materiche, strutturali, tessitura, urbanistiche, archeologiche, ecc.), utilizzando un unico supporto su cui far convergere le diverse sintesi tematiche. Il sistema consente l'analisi metrica puntuale tridimensionale, se utilizzato mediante computers.

### 3. SOFTWARE DI CONSULTAZIONE CON PROCEDURE E FORMATI STANDARD

Al rilievo cartografico-numerico si possono aggiungere elementi di conoscenza derivanti dalla possibilità di archiviazioni di immagini digitali ortogonalizzate, con i connaturati aspetti tematici da essa derivati, possibilità di eseguire operazioni in mapping (geometria dell'immagine) direttamente sulle stesse, archiviazione su unico supporto. Ai vantaggi sopradescritti si abbinano quelli propri dei data-base, cioè la possibilità di aggiungere schede alfanumeriche.

Come contributo al problema di archiviazione e consultazione personalizzata di fotopiani e ortoimmagini digitali è stata realizzata una procedura che, superando la restituzione su carta, permette l'analisi e la fruizione interattiva dei dati ottenuti da un procedimento fotogrammetrico digitale, memorizzati successivamente su file. Tale procedura offre un supporto omogeneo di conoscenza essendo indipendente dai formati propri dei vari programmi che realizzano il procedimento fotogrammetrico digitale.

Infatti la procedura realizzata prevede in input quattro file in formati comuni:

- a) un file .tiff in cui è memorizzata l'ortoimmagine
- b) un file ASCII con estensione .par (questa estensione, come le due successive ha scopo solo indicativo) contenente i coefficienti di rotoscalotraslazione
- c) un file ASCII .dtm contenente le coordinate (x-y-z) di un certo numero di punti generici
- d) un file ASCII .brk contenente le coordinate (x-y-z) di un certo numero di punti di break-line.

Caratteristica fondamentale di questo software è la possibilità di archiviazione di ortoimmagini senza perdita del contenuto geometrico e radiometrico. Esso infatti propone due tipi di analisi all'utente: analisi 2D ed analisi 3D.

In particolare dà le seguenti possibilità:

In 2D

- Visualizzare l'ortofoto sullo schermo del proprio PC.
- Effettuare *zoom in* e *zoom out* (per mettere in evidenza aspetti a cui l'utente può essere particolarmente interessato).
- Ottenere in *real-time* le coordinate geografiche esatte (Est, Nord) di ogni pixel dell'ortoimmagine.
- Tematizzare creando un *layout* trasparente sulla figura su cui disegnare (cioè creazione di entità vector) (Fig. 1).
- Tematizzare con stringhe di testo (entità vector).
- Calcolare distanze, perimetri ed aree di poligoni convessi o non convessi precedentemente disegnati (Fig. 1, Tav. XXXIII, c).
- Archiviare in file le entità create nella corrente sessione che potranno essere ricaricate in sessioni di utilizzo successive.
- Mostrare effetti colore sull'immagine (Fig. 2).

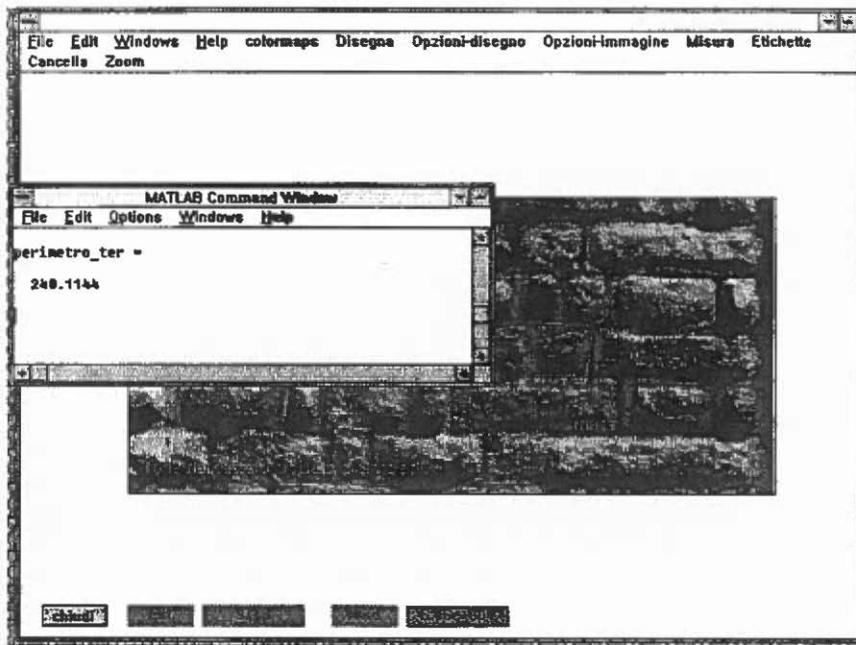


Fig. 1 – Scegliendo le voci opportune della sbarra-menù è possibile ottenere la misura (in coordinate terreno o in coordinate immagine) del perimetro della figura disegnata sull'ortoimmagine.

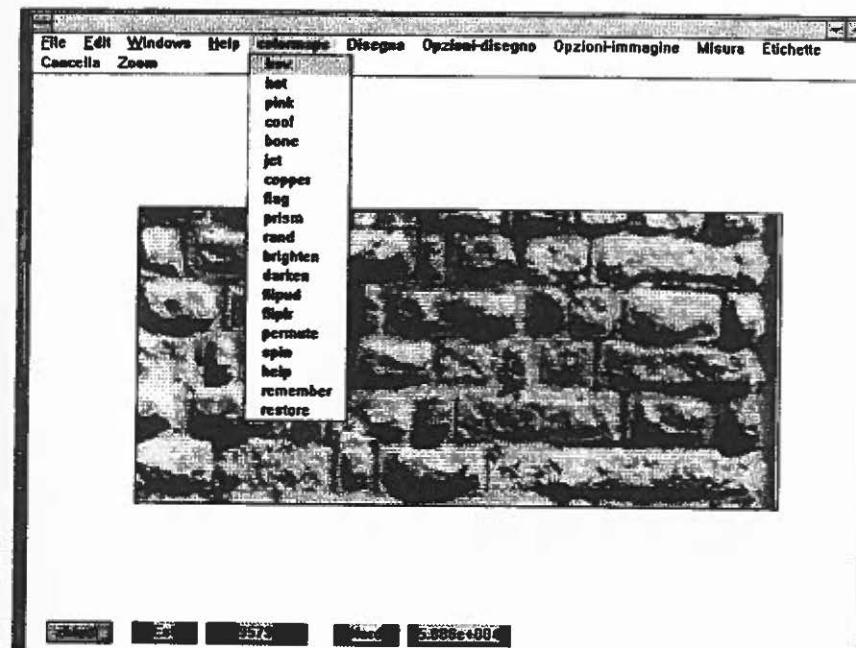


Fig. 2 – Analisi attraverso effetti colore ottenuti con la variazione della ‘colormap’.

### In 3D

- Avere la quota approssimata di ogni punto.
- Visualizzare le curve di livello.
- Visualizzare prospettive con punto di vista variabile dell'ortoimmagine.

I risultati in due dimensioni sono stati raggiunti passando da coordinate-oggetto a coordinate-geografiche tramite le formule di rotoscalotraslazione ed i coefficienti contenuti nel file ASCII con estensione .par. Per ottenere le informazioni relativamente alla quota (3D) è stato necessario costruire un modello digitale del terreno (DTM).

Il software è dotato di un interfaccia costituita da bottoni e menù che permette il suo utilizzo da parte di un utente del tutto privo di nozioni di informatica. Attualmente si sta lavorando al fine di rendere indipendente questo prototipo dall'ambiente di sviluppo, in modo tale da concretizzare la possibilità di realizzare banche dati di immagini metriche che, interfacciate dagli appropriati algoritmi di compressione, possano essere trasmesse in rete (internet). Si possono realizzare in tal modo, e trasmettere, banche dati di immagine metriche con i relativi contenuti di analisi che permetteranno di raggiungere un'economia di scala. Tali banche dati renderebbero reale l'economia di scala potendosi utilizzare supporti omogenei di conoscenza per diversi fruitori.

PAOLO PEDUTO

Dipartimento Latinità e Medioevo  
Università di Salerno

ANGELA PEDUTO  
UGO SANTORO

Società Fotogrammetrica Meridionale s.r.l., Salerno

### BIBLIOGRAFIA

- COLOMBO L., SELVINI A. 1993, *Strumenti e applicazioni della fotogrammetria digitale*, «Bollettino Sifet», 4.
- COLOMBO L. 1993, *Applicazioni dell'informazione digitale nel rilievo di sistemi territoriali e beni ambientali*, «Bollettino Sifet», 1.
- COLOMBO L. 1994, *Tecnologie digitali per il territorio*, «Pixel», 1.

### ABSTRACT

Studies in historic urban sites are very important for the defence and conservation of monuments and to preserve buildings. In this context particular consideration has to be used to *layer-object*, that is submerged structures and what is adjacent. With modern tools for photogrammetry bearing we can have numerical cartography with topological entities; it offers the means for structural and spatial study of objects. This can be drawn from their context and returned in 3D after some inspections. Useful elements can be added to numerical-cartographic maps by digital orthoimages resulting in mapping and storage operations.

Our software inputs four files:

- a tiff file storing the orthoimage
- an ascii file with .par extension (the aim of this extension, like the following ones, is only indicative) containing rotoscalotraslation coefficients
- an ascii file with .dtm extension containing the (x-y-z) coordinates of some generic points
- an ascii file with .brk extension containing the (x-y-z) coordinates of some break-line points.

Fundamental characteristic of this software is the possibility of recording orthoimages with no loss of geometrical information. The implemented functions include the possibility of displaying the orthoimage on PC screen, zoom in and zoom out, showing the geographic coordinates (East, North) in real time, creating more layouts for drawing, calculating distance between polygons, lines or points, calculating areas and perimeters, showing the altitude (approximation), displaying a DTM (digital terrain model). The interface is very friendly.

Now our goal is rendering this prototype independent from its development environment.



## ARCHAEOLOGICAL BUILDING RECONSTRUCTION AND THE PHYSICAL ANALYSIS OF EXCAVATION DOCUMENTS

In the archaeology of the Greek and Roman economy, the main sources are excavated architectural structures with their related installations and "instrumenta domestica". But there are different views at these sources. From one point of view the visual appearance of the structures is of interest, illustrating the terms used by the ancient agricultural writers. For this and similar views the structures found are visualizations and mental pictures of concepts. But from another point of view the physical properties of the structures are focused: to understand and even to simulate the economical and industrial components. The presses for oil and wine in the first century B.C. villa at Sette finestre, near Cosa, then are not mere installations to illustrate the agricultural skill as vivid miniatures and picturesque sites, they become the unscaled 1:1 physical source to understand the supported seasonal processes of the products cultivated.

The physical properties of agricultural installations are designed to fit the Roman economic system. This way the building with its agricultural facilities is comprehended as an agricultural subsystem with specific physical properties performing economic qualities which fit profitably the yearly seasonal cycle. Evidently, the local processing and storage facilities must be linked to monetary value and the network of land and sea transportation systems. And so the purposes of the building are linked to the Roman economical standards in weight, measure and value.

Of course any building also has a cultural purpose in respect of the social needs of the inhabitants, and the distribution of the rooms may be read by the patterns N. ELIAS has described in his «Process of Civilization», or, as spatial and functional analysis, summarized by G. FAIRCLOUGH in 1992. And, also in respect of spatial and functional distribution, there is the model of interaction between human communities and their biophysical environment, as outlined by K.W. BUTZER (1982). But also there is the original view of the interaction of civilisation and biophysical environment by the ancients.

### 1. ARCHITECTURE AS PHYSICAL SOURCE FOR ECONOMIC SYSTEMS SIMULATION

While among the Greeks the names of their famous families are borrowed from the gods and heroes, the illustrious Roman houses took their names from their favourite crops and vegetables: the Fabii from the bean, the Lentuli from the lentil, the Pisones from the pea. This is the Roman view of nature, and correspondingly the Roman villas are designed. Also the architectural concept of Vitruvius is devoted to this world of husbandry and the

virtues of nature. For Vitruvius, summarizing the layout of buildings to design architecture, climate is determining the style of the house in general (*Vitr.* VI, 1), and the farmhouse in particular (*Vitr.* VI, 6). Following the surviving architectural and agricultural literature, the intended ecological effort in design may not be underestimated.

Also in respect of climate, embedded in the natural seasonal cycle, productivity is the other main topic of the Roman agricultural writers, outlined by Cato in his *De Agricultura*, and his followers Varro and Columella. The economical outline of husbandry given there is stringent and the examples of economic calculation represent all needed for a numerical computer simulation of a Roman villa estate. Already in 1980 H.J. MORRIS and V.A. WALSH wrote such a numerical simulation which could even show the cost-effectiveness of hired-labour versus slave labour in plantation, as discussed by Columella. Meanwhile computer simulation and modelling may be linked much closer to archaeological evidence and the physics and layout of the building.

And though modern physics does not seem to have much in common with the physics Vitruvius in his «Ten books on architecture» has in mind, both views of nature are in concern of the same world. So the natural resources and the intended economics of the archaeological site itself may become a physical source for the computer model of farming, productivity and distribution. In this respect the archaeology of the Roman economy, focused on agricultural building analysis and related long distance transportation systems, is a paradigmatic field of exploration. For the well built villa sufficient means for transporting its produce, either by water or land, always were substantive.

### 1.1 *Shape as a field of physical exploration*

Within the economical frame, the physical properties of the agricultural building with its implemented object structures have their aim. Productive installations and related "instrumenta domestica" are linked with the ship and its load of amphorae, where the shape of these containers is best matching to stock in the ships hull. In this respect, not only the shape of a stock of amphorae is fitting to maritime architecture, but also to rural architecture being filled easily and transported unbroken (Fig. 1). They may not be too bulky or too heavy. Like the shape of the ship's hull makes the vessel, the shape of the amphora makes the container. Shape not only has aesthetic qualities, nor is shape just a pattern of recognition. Shape also is determining the spatial and thus the material and the physical qualities of objects and buildings.

In respect of the example, the design of the amphora is a de facto method to determine the physical properties of the container for profitable agricul-

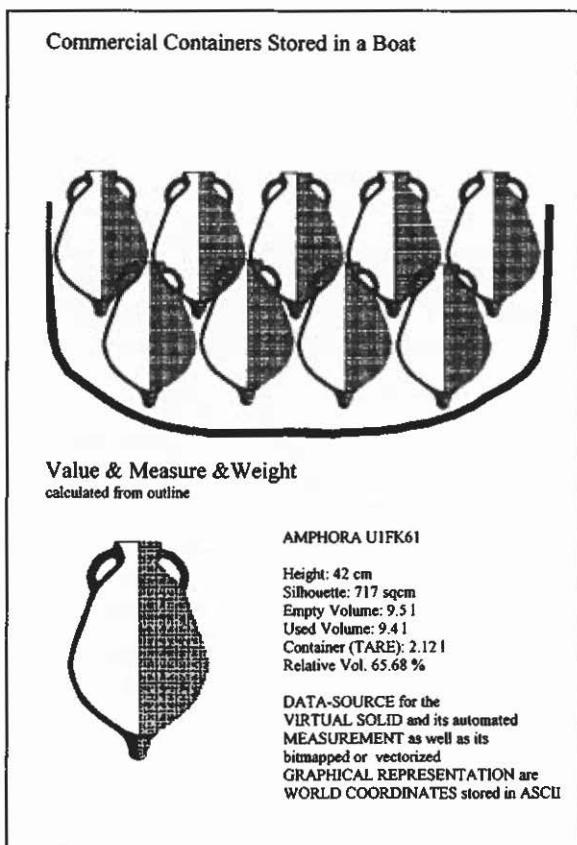


Fig. 1 – Commercial containers stored in a boat. Amphora from the Samian Gymnasium.

tural product distribution. Function follows shape design, and shape based intended physical properties fit the agricultural production, the distribution and storage line throughout the economical network of the Roman Empire. Of course, to deal with that kind of shape based empirical economic information, the excavated ruins and fragmented objects are not at all sufficient sources. The capacity of the amphora can not be measured from its fragments. And of many types of amphorae only fragments or broken specimen survived. Their physical specification will not be found, neither weight, nor capacity. And the capacity of a destroyed basin as a part of a wine or oil press, or the hull of a ship, sooner will be found by computer modelling than by restoration.

To get the relevant physical shape information from agricultural and maritime architecture and its related installations and artifacts, the surviving fragmented information must be completed by a variety of methods. This

does not mean that architecture and the related things have to be rebuilt and restored. The research in the physical qualities of fragmented and ruined world structures is a question of computer modelling – as economical simulation and physical solid-object modelling. Evidently, in agricultural commerce physical object qualities are economical relevant properties, based on the constructive solid geometry of object design. Every single amphora is a demonstration of the fact: capacity follows shape. And both shape and capacity are standardized for functional, economic and fiscal reasons. The properties are intended and designed, and they are shape based, following the specific constructive solid geometry. This constructive solid geometry is behind the individual object and the building structure.

## 1.2 *Constructive solid geometry*

Some of the properties of constructive solid geometry may be illustrated by a glance at Computer Aided Manufacturing (CAM). In this context Constructive Solid Geometry (CSG) is a technical term to have a proper name for the pseudo-physical object within the computer. This internal computer model is the constructive aim for its physical world duplication. Because the Constructive Solid Geometry is the basis for physical world duplication, the computer models are in “real size”, though the graphical output to visualize the model may be scaled down. Constructive Solid Geometry is by definition World Geometry.

The quite possible misunderstanding in the difference of the computer internal world model – “world model” because it is an unscaled 1:1 model – and its scaled visual representation may be illustrated by a computer solid-object model hardcopy which, at first glance, has no difference to a scaled computer drawing hardcopy (Fig. 2). But there is a difference. The difference is in the physical information listed within the picture. The integers and floating point numbers are the measurements from an computer internal solid-object model. Only three-dimensional solids allow this kind of spatial and physical measurement, and not drawings. The PostScript or HPGL code is a message with split spatial information for a 2-D device to produce a hardcopy on paper. The 3-D solid-object properties are visualized as data, and the 3-D solid is shown by its 2-D projection. To a 3-D manufacturing device a different 3-D code would transmit the entire information to produce a solid-object. And this manufactured solid would have the spatial properties of the computer internal prototype.

Another problem arises with the hardcopy (Fig. 2). In Archaeology, hardly complete pottery is available. The empirical spatial data then are measured from a reconstructed solid. The regenerated solid-object model must be regarded as a spatial reconstruction of a fragmented physical source, thus based on world coordinates, sufficient to generate the completed archaeo-

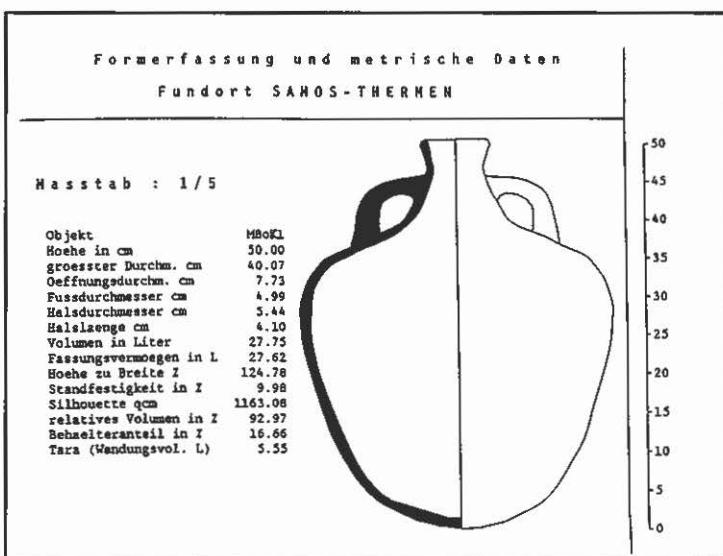


Fig. 2 – 2-D visualisation of a 3-D solid-object model.

logical artefact as a measurable physical duplicate. The computer modelled solid must be regarded as a measurable solid space, which only has existence within the computer. This mere computer internal measurable solidity must be emphasized, because this is a difference to the well known virtual world realities, which become a reality to our mind.

Though rendered bitmaps may be projected from the internal solid-object models, these remain in their original world dimensionality. As spatial things the solids have spatial qualities very different from the 3-D wire-frames and surfaces. The 3-D graphics is designed to produce vivid perspectives of things, the solid-object modelling is designed to manufacture spatial things for the world. Applying the idea of the original world dimensionality to the archaeological documents, these are not seen as vivid perspectives of things, but as sources for reconstructible solid spaces. So the 3-D world information is of interest in all the drawings, plans, photographs, descriptions, and must be picked to reconstruct solid-object models.

The reconstruction not only regains the spatial object, but also reconstruction will complete the spatial object. To regain solid-object models from archaeological sites and related documents, the fragmented spatial information available therefore must be extrapolated to complete closed surfaces. By definition a solid is only a solid if its surface is completely closed. The extrapolation of the fragmented source data therefore is covering two main aspects, the one in respect of the completeness of the solid-object modelling, the other in respect of the completeness of the source as basic world data.

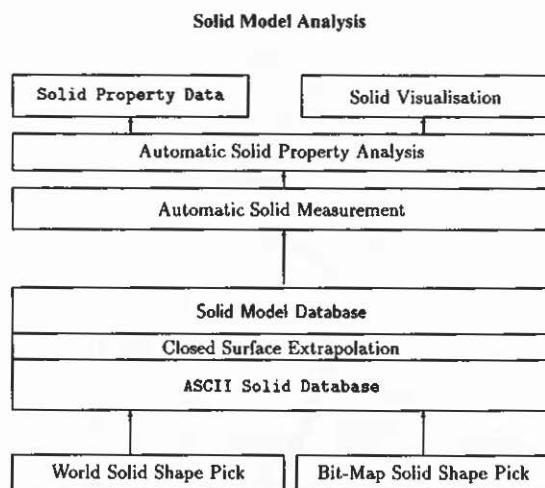


Fig. 3 – Solid model analysis.

And these must be regarded first in respect of the physical solid-object's reconstruction and then in respect of data reconstruction and data reduction. Both aspects of data extrapolation together with the completion of the closed surface are functions of spatial continuity and dynamics, based on extrapolation.

Applied to archaeology, the reconstruction of world objects, based on mathematical methods of extrapolation is leading to two different worlds. The physical properties, as bound to shape, settle as well in the ancient world, as in the modern physical world with all their related units and standards. To be compatible to both worlds and analyzable for economic simulation, the solids are regained by mathematical object description, which is called virtual solid-object modelling (VSOM). So, the reconstruction of a given object or a given building structure as an architectural frame is an extrapolation of fragmented world information by mathematical object description, representing partially the view of a lost physical world reality. Based on external world ASCII data, the relevant object analysis is realized by internal binary calculation within the computer's memory (Fig. 3).

The internal binary calculation, handled by the database system, may be illustrated by the mathematical ovoid and the eggshell compared. The eggshell is a solid formed by a fine closed surface. Visibly, in the shape of the eggshell continuity and dynamics are that bound, that it is possible to locate the fragments of a broken eggshell as well as to define the whole only by very few spatial measurements. Evidently, to model the physics of an eggshell, it is sufficient to pick from the fragments of a broken eggshell some spatial world data to reconstruct the entire eggshell. The spatial continuity and dynamics

of the ovoid is included in the mathematical description, to regain the missing information. The algorithm for the mathematical ovoid serves as generalized constructive solid geometry, and just some additional information will tell the specification and the modification of the individual eggshell, its capacity and the location of the centre of gravity and the related statics. This kind of fact-based solid reconstruction by mathematical guidelines is including the physical measurement of a shell, just as a recursive calculation.

For the measurement of physical properties and qualities of the constructive solid geometry nothing needs to be drawn on any device. But the 2-D drawing or bit-mapped graphics of the computer internal model of the eggshell are possible scaled geometrical projections, with the list of measured qualities in SI-units (Systme International d'Units).

### 1.3 *The solid-object model database*

A prototype is performed in respect of unique objects, while in manufacture there is physical variation. The prototype is a kind of lost "talon" in respect of the variation found in the manufactured duplicates. Archaeology has to deal with the variation in manufactured duplicates. So any solid constructive geometry regained from artifacts will represent a specific solid, which is to some degree a variation of an intended solid. To take the variation in shape and size and its following effects in account, a variety of related solid-object models must be handled, and also these solids are to be controlled by statistics. And this is indispensable, because any spread in variation has exponential spatial and physical effects.

### 1.4 *Solid-object modelling and economic systems simulation*

It is clear that neither variation in size nor variation in shape may be handled by software, which is designed just to prototype unique objects. But the Solid-Object Model Database needed has to handle a variety of models, both in respect of shape and size and its related physical properties. In short, the software desired should be an object oriented and statistical controlled relational database application. Few software of that kind is available, here it is D[ata]. A[analysis]. S[ystem].

The solids modelled by any data analysis system represent patterns in shape not only based on fragmented world information but also detecting its variation in size and shape and its following properties. With the property and purpose analysis as well the automated solid classification is at hand as the related numerical economic simulation. The analysis of the solid-object model (Fig. 2) is a substantial part of economic systems simulation regarding architecture as physical source. The amphora shown is of the type the Yassi Ada wreck had loaded. But also this type of amphora was stored in the agricultural part of the church complex at Samos, where not only a store for

amphoras was found, but also a press with related basins. This fact was the impetus to understand pottery in relation to its rural and maritime architectural frame, bound by economical relevant standards.

So far, a database for solid-object models is realized for pottery and architectural components (SAMOS= Statistical Analysis of Mathematical Object Structures). The automated physical analysis of entire buildings or building related components, embedded in the yearly seasonal cycle, is realizable on numerical basis, valid to simulate and model husbandry and product distribution as well as the economics and building physics of a Roman bath.

## 2. ARTEFACT AND DOCUMENT DATA

A fundamental in the related solid constructive geometry data handling is the split in source world data and the related computer internal shape modelling and property analysis. The source world data with the related property data and 2-D projections are part of the Document Data, while the computer internal modelling is part of the Artefact Data Flow, both in respect of the described method of integrated solid-object modelling and economic simulation, but with different ends.

The archaeological artifacts and architecture excavated, together with the excavation documentation, represent fragmented world information of a civilisation bound to the seasons of the year. The amphora and the press are relics of agricultural industry, and also a primary source for agricultural product identification in trade relics. From all the related archaeological documentation, from excavation plans, descriptions, drawings, pictures and the original relics and artifacts, the lost reality and its commercial and industrial background might be recovered. In this stream of solid related archaeological data there are two different aspects to be distinguished: the information representing the physical and spatial existence of the site and its artifacts, and the documentary information to transport the world data together with all the related documentation and classification with all the proper names, descriptions and comments, to form the publication at the end. In the stream of information, the solid related ARTEFACT DATA FLOW represents the physical properties of things, with the optional physical object reconstruction for the site or for the museum as the high end. This flow of information is addressed to the visitors experience. So this stream of artefact data information should be distinguished from the DOCUMENT DATA FLOW, addressed to the readers mind, with the publication at the end.

## 3. THE DOCUMENT DATA FLOW TO PUBLICATION

A world solid may be described as a closed surface. The surface may be understood as a dotted representation. To reduce information of the spatial

location of each of the dots, the closed surface may be interpreted as a closed net of meshes. A further data reduction is a closed bzier-polynomial, based on even less data. These few coordinates, supporting this kind of closed surface, are the document data to define the world solid and its unscaled 1:1 computer recreation.

### 3.1 Document analysis

The document data flow is based on spatial world solid measurement combined with the analysis archaeological documentation as secondary sources, touch free photogrammetric methods included. This will integrate all available spatial information, already published drawings and photographs as well as the information from strata lost during the progress of excavation. From all the sources available, the solid world coordinates are picked by a specific archaeological data handling.

The visual information, as represented by plans, drawings and photographs and scanned images, has to be brought together with the related geographic documentation and building measurement, to become analyzable unscaled 1:1 spatial information. By scaling and rectification to orthographic projection these world data must be prepared.

Most photographs found in old publications and documentations, as they are, seem not to be linkable with modern orthogonal representations. But, nevertheless, special photogrammetric photographs are neither part of the traditional archaeological documentation nor of actual site publication. So methods are to be at hand, to pick data from ordinary photographs and archived drawings and sketches. A suggestion there is, to scan the photographs first, to get digital images for computer internal transformation and rectification. From these rectified and scaled documentation, world measurements may be taken to represent orthogonal world coordinates.

The spatial data from written sources, from architectural drawings and the photographs are not only the information to draw representative plans, but also to reconstruct the original architectural physics with its related properties and functions, and perhaps in the original functionality to link the site with the network of economics.

For the user of commercial CAD-software it is a well known feature, to import bit-mapped pictures to a specific layer, or to draw over it in another superposed layer. Also it is a well known feature, that the distances in the superposed layer are to be measured according to the scale and the basic unit used. But neither spatial measures nor shape dependent volumes are available.

Bound to the units available in the commercial CAD-software, it is not possible to relate the results to the relevant original units of the site. But this research may be supported by numerical data analysis, analyzing and recalcul-

lating the metric distances measured. The same kind of algorithms are needed to analyze space and shape, and its properties. The methods obtained are methods to transfer and transform information from numerical and visual sources to construct solid models and to analyze them. Orthogonal archaeological site documentation is panned on the screen, to measure the distances of pairs of pixels, to measure the architectural layout of the site in world coordinates (Fig. 4). Such methods for architectural and solid analysis are used for the Samos publication of 1993 (Samos XVII), but there the methods of data analysis are revised and brought up to date for the Aizanoi publication.

The data handling, in the suggested case of the Samos excavation was as close as possible bound to the spatial world information available. Photographs and drawings together with the original artifacts were used as object information media to pick the world coordinates, while these documents itself were handled to become visual information to the reader of the final publication. To handle the world related visual, numerical and textual connotation in respect of publication, perhaps the TEX automated document design with its HPGL and PostScript orientated applications is representing an appropriate instrument of data integration for publication on the basis of a variety of platforms, also supporting device independent printer and SGML/HTML data-structures. But still another end of the site related data flow is the physical solid reduplication (Fig. 5).

#### 4. THE ARTEFACT DATA FLOW TO SOLID MODEL

The advantage of the computer world model is its physical transparency in respect of light and gravity. The automatic measurement of space and gravity, connoted by numerical data, with projective visual representation, connoted by pictures, represent related data aspects of solid modelling. The artefact data flow is related to the physical existence of the archaeological artifacts, the fragments of domestic things and the ruined architecture. The artefact data flow is the stream of data to transport the fragmented information of lost complete real objects. In respect of data input the low end is the original world object, the high end the reconstruction of the entire solid within the computer as the regained physical solid. This duplicated solid becomes the quasi physical source of information: to measure its physical qualities in respect of purpose and product identification and commercial value.

The advantage of solid modelling in respect of physical shape analysis is evident. The solid model is measured by mathematical algorithms. Some of these, like the measurement of silhouette, have no world equivalent. But these shape-based physical calculations are fundamentals to understand the physics and functions of fitting shape, together with the calculation of the shape related centre of gravity to systematic scientific approaches to classify

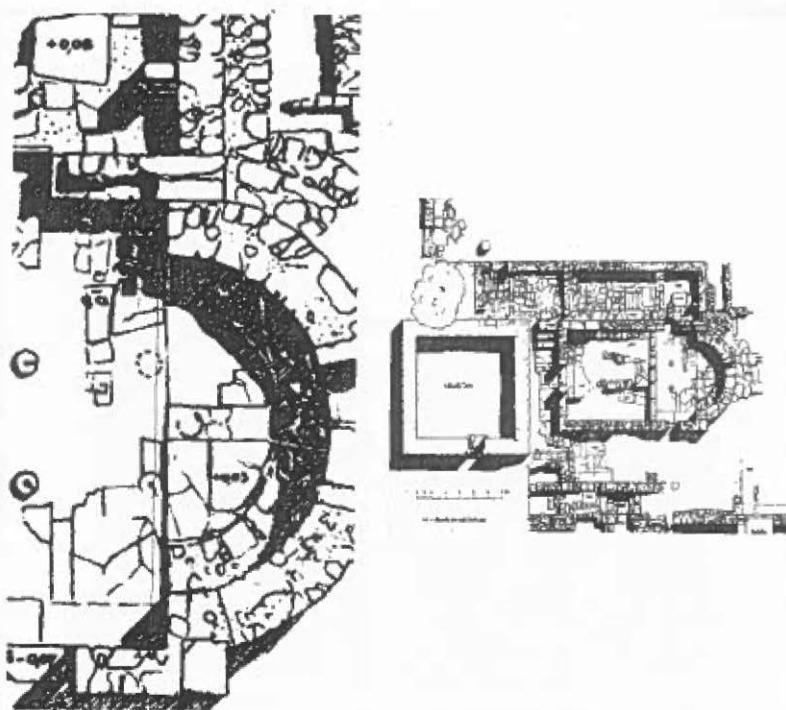


Fig. 4 – Measurement of bit-mapped graphics. 6th century rural site at Samos.

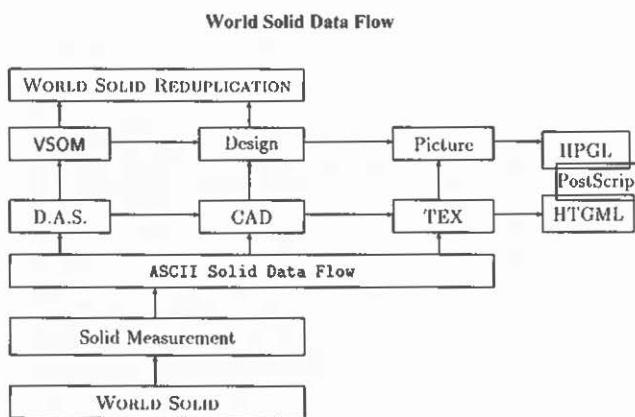


Fig. 5 – World solid data flow.

shape. Also there is no way in the real world to take all the measurements at once from the object, while real-world physical measurement is a successive procedure without statistical control. Furthermore there is the completeness of the closed surface of the model to be taken in account: fragmented information is extrapolated to closed surfaces defining solids. Without glue, without clay and without the potters wheel, the kiln and the fire.

Stored in the database with original size, each of these solid models has its "natural" measure and weight. Its world size not only makes these pseudophysical objects comparable to things in the real world. The solid models are stored and sorted dependent on their stereometries as by physical properties, or grouped to show the specific physical reality of a set of objects of same shape but of different size. So there are individual and generalized solid models. And either the specific or the generalized model may serve as a pattern of shape- or physical recognition. We may fill a specific agricultural product into it, we may get its gross weight and the space it will need to be stored in a ship. The "formation" of entire containers is linkable with any agricultural and architectural environment as well as transport systems to form the ship's load.

In respect of the ARTEFACT DATA FLOW the spline and the bzier-polynomial are not at all algorithms to smoothen lines for nice drawings to show the vivid aesthetics of archaeological objects, but to close the surfaces of solid models. The methods are what they were designed for: to control the path of the physical cutter. It is a method of contour coding in coach-work, first shaping the metal Renault car-body, then to shape the virtual solid to redouble the physical properties of the original artefact. The conventional way to duplicate artifacts is the NC- system programming (DIN/ISO 66025; ISO 6983) for contour coding. These computer-based numerical control systems control, by executive programs, the physical workbench, the cutter or the lathe machine. So, in this respect, the shape of an object is the path of the cutter to be executed on the workbench. The path of the cutter is no graphical information about solids, but to form them.

In case of duplication the contour is picked from the original physical object by photogrammetric methods. It is the same method as used to pick building constructions for further reconstruction. And so the advantages of manufacturing may be applied to architecture. Exactly this is the intended purpose of the Statistical Analysis of Mathematical Object Structures (SAMOS): to link the physics of commercial pottery with the properties of a farming architecture in respect of husbandry and related maritime transport. In simulating the economic implications of pottery from constructive solid geometry, there is no general difference in the body of the container and the space of the storage-place. The constructive solid geometry of both architecture and commercial container represents the spatial frame with specific physical effects and intention. It is the physical property of shape to form material

to its purpose, to become a "frying-pan" or a "cooking pot". Intuitively this is part of the cook's knowledge. But exactly these physical purposes in shape are fundamentals in Artificial Intelligence and economic systems simulation.

The architectural space and the wooden ship's hull in the same way are analyzed for physic based purposes as pottery. The object data flow to generate solid vessels and architecture to be analyzed is much the same as the data flow within the NC-systems and the cutter path of the linked industrial work-bench. The basis of all is a set of data in plain ASCII defining a metric space. Only in archaeology, the information picked from the industrial and building



Fig. 6 – Orthogonal projection of a perspective by transformation.

relics is handled in a metric space, but has to fit historical units with the following proportion and layout – to fit the relevant economic frame.

For solid and building analysis, so far constructive geometry is the domain of commercial CAD-Software designed to handle metric data. But with a bundle of helpful methods, appropriate transformations for orthogonal input and interrelation analysis may be performed, picking physical information from drawings and digitized pictures. By PostScript programming, with not too much effort, it is possible to transform scanned photos of sites and buildings to orthogonal view, to prepare an orthogonal representation of orthogonal closed surfaces of wall, floor and ceiling as bounds of a room (Fig. 6). Or there is, programmed by E. Schildheuer, Essen, software to transform the coordinates of perspective landscape photographs to orthogonal real-world representing data.

#### 4.1 The workbench application

Finally the constructive solid geometry is the basis to reduplicate computer models to reality. Computer modelling by software designed for mechanical engineering is always based on computer models in real size. The workbench controlled by this type of software is basically constructed like the potters wheel. The contour code represents the template for the reduplication by raw material. Also redublication of computer models by Stereo-Lithography (STL) and equivalent solid-object modelling technologies are available now. But of course the same information may be used to have a real template at the potters hand, to have museum duplicates or duplicates for physical experiments. To some extent these techniques of reduplication may be useful to produce scaled miniature models of the architectural environment.

CORNELIUS STECKNER  
Cologne

#### BIBLIOGRAPHY

- BREUCKMANN B., *Bildverarbeitung und optische Meßtechnik in der industriellen Praxis. Grundlagen der 3D-Meßtechnik, Farbbildanalyse, Holographie und Interferometrie*, Munich, Francis.
- BRUNEAU PH., FRAISSE PH. 1984, *Pressoirs Déliens*, «Bulletin de Correspondence Hellenique», 108, 715-726.
- BUCHANAN R.A. 1972, *Industrial Archaeology in Britain*, Harmondsworth, Penguin.
- BUTZER K.W. 1982, *Archaeology as Human Ecology: Method and Theory for a Contextual Approach*, Cambridge, Cambridge University Press.
- ELIAS N. 1966, *Über den Prozeß der Zivilisation*, 2nd. ed., München, Francke.
- FAIRCLOUGH G. 1992, *Meaningful constructions - spatial and functional analysis of medieval buildings*, «Antiquity», 348-366.
- GREENE K. 1986, *The Archaeology of a Roman Economy*, London, Batsford.

- JÜNGST E., THIELSCHER P. 1955, 1957, *Catos Kellern und Kollergänge. Ein Beitrag zur Geschichte von Öl und Wein*, «Bonner Jahrbücher», 154, 32-93; 157, 53-126.
- KALTENSTADLER W. 1978, *Arbeitsorganisation und Führungssystem bei den römischen Agrarschriftstellern*, Stuttgart, New York, Gustav Fischer.
- MARTINI W., STECKNER C. 1993, *Das Gymnasium von Samos II. Das frühbyzantinische Klosteramt, Samos XVII*, Bonn, Habelt.
- MORRIS M.J., WALSCH V.A. 1981, *CATO: A Computer Simulation of a Roman Wine and Oil Plantation*, in P.C. PATTON, R.A. HOLOIEN (edd.), *Computing in Humanities*, Aldershot, Heath, 181-196.
- STECKNER C. 1987, *SAMOS: statistical analysis of mathematical object structure. A method for computer aided archaeological research*, «Bollettino d'informazioni», 8, 79-99.
- STECKNER C. 1988, *Begriffliche und empirische Objektordnung*, in C. STECKNER (ed.), *Archäologie und neue Technologien*, Schriften des Deutschen Archäologen-Verbandes 10, Freiburg, 102-139.
- STECKNER C. 1988, *Rückblick auf Vorausschauendes bei J.J. Winkelmann. Informatikanwendung una archäologischer Formbegriff*, in C. STECKNER (ed.), *Archäologie und neue Technologien*, Schriften des Deutschen Archäologen-Verbandes 10, Freiburg, 161-170.
- STECKNER C. 1988, *Form and filling, an empirical glance at shape*, in *Proceedings of the 3rd Symposium on Ancient Greek and Related Pottery*, Kopenhagen, 604-616.
- STECKNER C. 1989, *Les amphores LR 1 et LR 2 magasiné en contexte du pressoir du complexe ecclésial de Samos-Thermen*, Colloque sur la céramique Byzantine, Athens, Ecole Française d'Archéologie, 57-71.
- STECKNER C. 1989, *Empirische Objektklassifikation. Begrifflich-empirische Ordnung am Beispiel rotationssymmetrischer Körper*, in R. WILLE (ed.), *Klassifikation und Ordnung*, «Studien zur Klassifikation», 19, 97-200.
- STECKNER C. 1989, *Das SAMOS-Projekt. Neue Wege der Informatikanwendung in der Archäologie*, «Archäologie in Deutschland», 1, 16-21.
- STECKNER C. 1990, *Dokumentation, Vermessung, Bestimmung und Rekonstruktion von Keramik*, 13, in *Internationaler Kongreß für Klassische Archäologie*, Berlin 1988, Mainz, Zabern, 631-637.
- STECKNER C. 1990, *Pharakantharoi und Kylikeia. Dionysische Lichtgefäße in architektonischem Kontext*, in *11<sup>e</sup> Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre*, Basel 1988, «Annales of the A.I.H.V.», 257-270.
- STECKNER C. 1991, *Documentation, automatic measuring, objet retrieval and reconstruction for economic and functional research in ancient commercial pottery by statistical analysis of mathematical object structure*, in H. BEST, E. MOCHMANN, M. THALLER (edd.), *Computers in the Humanities and Social Sciences. Achievements of the 1980's - Prospects for the 1990's*, München, London, New York, Paris, Saur, 28-35.
- STECKNER C. 1991, *Empirische Objektklassifikation, Beriffsanalyse und Design*, in W. LEX (ed.), *Arbeitstagung Begriffsanalyse und Künstliche Intelligenz*, «Informatik-Bericht Technische Universität Clausthal», 89/3, 135-145.
- STECKNER C. 1992, *Noun, Physics and Shape. Empirical Research beyond Visual Information*, in *Montpellier Computer Conference 1990*, Montpellier, 527-535.
- STECKNER C. 1992, *Designanalyse und Packungsoptimierung*, in H. GOEBL, M. SCHADER (edd.), *Datenanalyse, Klassifikation und Informationsverarbeitung*, Heidelberg, Physica, 241-251.
- STECKNER C. 1993, *Boden, Wand und Decke. Zur Rekonstruktion und elektronischen Simmulation antiker Raumeinheiten*, *5th International Congress on Ancient Wall Painting*, in E.M. MOORMANN (ed.), *Functional and Spatial Analysis of Wall Painting. Proceedings of the Fifth International Congress on Ancient Wall Painting*, Amsterdam 1993, Leiden, Babesch, 194-204.

- STECKNER C. 1993, *Packungsdesign durch marketingorientierte Formung*, «Verpackungs-Rundschau», 44, 6, 20-22.
- STECKNER C. 1994, *Process and Procedure*, in E. BOCCI, P. DENLEY (edd.), *Storia and Multimedia, Atti del Settimo Congresso Internazionale Association for History and Computing*, Bologna, Grafis, 222-232.
- STECKNER C. 1994, *Fernfracht um 600 n. Chr.*, in *III Reunio d'Arqueologia Cristiana Hispanica*, Barcelona, Universidad de Barcelona, 435-443.
- STECKNER C. 1994, *Research in historical standards by statistical relational database systems*, in H.J. MARKER, K. PAGH (edd.), *Yesterday, Proceedings from the 6th International Conference, Association of History and Computing*, Odense 1991, Odense, Odense University Press, 391-398.
- STECKNER C. 1995, *Quantitative methods with qualitative results in expert system. Physical qualities in historical shape design*, in *Aplicaciones Informaticas en Arqueologia: Teorías y sistemas*, Bilbao, Denboraren Argia y Gastiburu, 486-499.
- STECKNER C. 1995, *SAMOS: Automatic classification of ancient Greek pottery according to the shape*, in E. NISSAN, K.M. SCHMIDT (edd.), *From Information to Knowledge*, Oxford, Intellect, 126-150.
- STECKNER C., STECKNER C. 1986, *SAMOS. Statistische Analyse Mathematischer Objekt-Strukturen. Zur computergestützten Analyse vom Gebrauchkeramik der Thermengrabung Samos-Stadt*, 16. ordentliche Mitgliederversammlung des Deutschen Archäologen-Verbandes, Mannheim.
- STECKNER C., STECKNER C. 1988, *SAMOS-Projekt*, in C. STECKNER (ed.), *Archäologie und neue Technologien*, Schriften des Deutschen Archäologen-Verbandes 10, Freiburg, 140-160.
- WHITE K.D. 1965, *The productivity of labour in Roman agriculture*, «Antiquity», 39, 102-107.
- WHITE K.D. 1970, *Roman Farming*, Ithaca, Cornell University Press.

## ABSTRACT

Visual information is not only a source for multimedia applications. Every mapped bit also represents a location in 3D space. So any bit-mapped visualisation of a surface also represents the 3D hull of an object. Therefore visual information is a source to rescore the shape of physical solids from their "envelopping" closed surfaces, and serves as the information needed to reconstruct buildings and their related artefacts. In respect of 3D surface measurement, a "virtual reality" is understood as a virtual solid in its original size to be measured and analysed. These measurable world object simulations represent the information of form to shape three-dimensional things. They are not brought to physical existence, but represent measurable solids to analyse statistically controlled properties with their related and following functions. From the photograph of a broken amphora the body is completed to calculate its weight and volume and even the fitting shape of the boat to transport a load. Of course the same model of extrapolation applied to buildings will not focus the statics of buildings but the environmental building physics and its following functions.

## DIGITAL IMAGING OF STANDING BUILDINGS IN INSULA VI,1 AT POMPEII

This paper discusses the application of technological solutions to problems posed by the demands of archaeological and architectural research. Our research aim is to contribute to understanding the urbanization of ancient Pompeii through the changing patterns of buildings and land-use within one of its insulae. We are committed to a comprehensive study of the standing remains and sub-surface archaeology in the whole insula. The problem is how to record and analyze the standing remains practically and in sufficient detail for stratigraphic interpretation. Our solution is to use digital imaging instead of conventional drawing. It is allowing us to create a record of our buildings with unprecedented detail and flexibility.

This work is a central part of the program of the Anglo-American Research Project in Pompeii. This paper presents the results of the efforts of a large team who have worked to develop this approach in the field\*. Our project is one of a number of newly established programs at Pompeii which are concerned with the diachronic development of the city. Fundamental to the ideas behind these projects is the view that the city of A.D. 79 cannot be properly understood without studying the processes of change which created that city. Enjoying the strong encouragement of the Soprintendenza Archeologica di Pompei in this approach, these projects have originated in a number of countries, notably Italy, the USA and the UK (BON, JONES forthcoming).

Our own work concerns the development of Insula 1 in Regio VI of Pompeii (BON *et al.* 1995). It provides an excellent opportunity to consider diachronic change at Pompeii. The block has a long ancient history, and contains the Casa del Chirurgo which has often been considered one of the oldest structures still standing at Pompeii. The insula also has a long modern history because it was one of the first parts of the ancient city to be exposed in the later eighteenth century, although only rudimentary records exist of its original unearthing to the A.D. 79 level.

Insula VI, 1 also shows how interpretations of its structural history have been made based on only partial records of the actual buildings, inevitably generating flawed conclusions. The commitment of our project to a comprehensive understanding of how the urban space was used essentially requires that we have a comprehensive record of the surviving evidence.

\*During the 1995 field season of the Anglo-American Project, the methods described here were used by teams of students led by Jessica Davies and Mark Berrett (University of Bradford), who deserve the credit for applying and refining this approach, and making it work.

## 1. INSULA VI, 1: THE RESEARCH PROBLEM

An introduction of the insula should demonstrate the nature of the problems we face. Insula VI, 1 is situated in the north-west corner of the city immediately inside the Porta di Ercolano, on the Via Consolare, one of the city's main thoroughfares (Fig. 1). As well as two large houses, the Casa del Chirurgo and the Casa delle Vestali, there are bars and workshops, some of unclear purpose. The structures remain in a generally good state of preservation, although the painted walls are badly degraded. The Casa del Chirurgo is often cited as an early example of Italic (or more specifically, Samnite) domestic architecture because of the use of very large blocks of Sarno stone in its construction, an old architectural style at Pompeii (Fig. 2).

The first modern excavations were conducted by Amedeo Maiuri who completed ten trenches in the Casa del Chirurgo in 1926 (MAIURI 1930). He dates the construction of the house to the fourth century B.C. and describes periods of modification, including work done on the entry chambers and rooms to either side, the construction of the impluvium (in tufa) post-dating the atrium (in Sarno stone), the pavement of the entry-way and the construction of the sidewalk in front of the house. He says that by the Roman period the house had achieved its final form. Maiuri's conclusions are re-considered by Cristina Chiaramonte Treré in her 1990 discussion of Samnite domestic architecture (CHIARAMONTE TRERÉ 1990). Re-assessing the dates assigned by Maiuri on the basis of his excavations, she claims that his research was poorly documented, and that his conclusions were sometimes based on less than sound evidence. She suggests an original date for the house in the third century B.C., with minor modifications continuing until A.D. 79.

However the discussions by both Maiuri and Chiaramonte Treré concentrate mainly on the atrium area of the house. Both pay scant attention to some substantial later changes that are readily visible. A garden dining room was added. Service rooms including an upper story were constructed on the south and east of the original house, as well as separate properties which were entered directly from the Via Consolare. Chiaramonte Treré has shown how essential it is to re-examine accepted conclusions and to consider very rigorously the evidence upon which our own conclusions are drawn. Our project is designed to use explicit archaeological evidence to investigate carefully the full sequence of all different phases in VI, 1.

Our team made a preliminary examination of most of the block in 1994. In addition to the two larger houses, the Casa delle Vestali and the Casa del Chirurgo, to the north and south are a number of smaller properties (Fig. 1). At the southern end there is what seems to have formed a planned set of three properties. These three properties at an earlier stage may have been separated from the Casa del Chirurgo by an outdoor space that was later filled in by newer buildings. It appears that the Casa del Chirurgo itself was

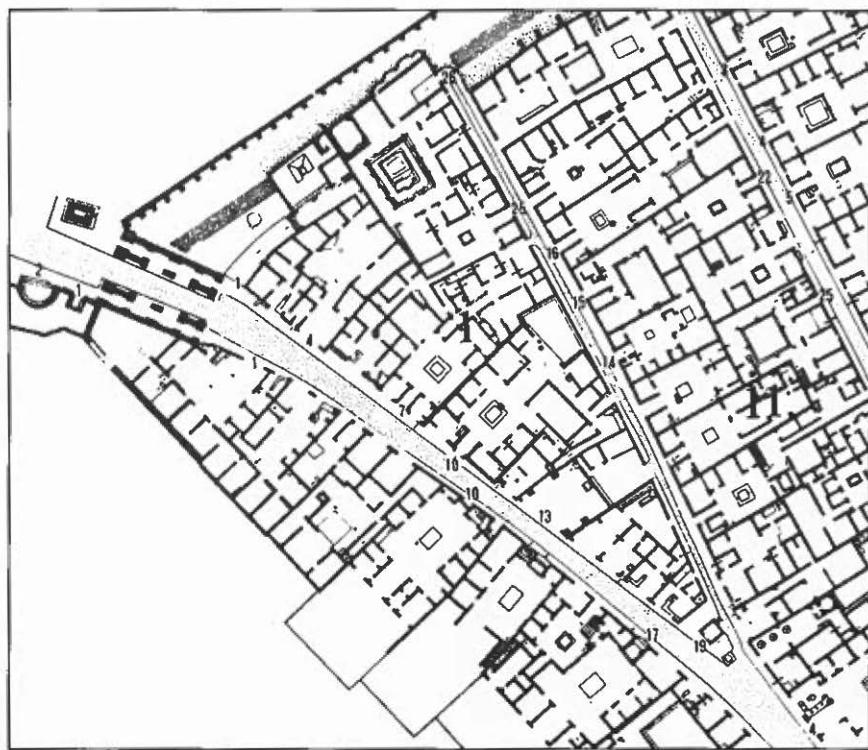


Fig. 1 – Insula VI, 1 at Pompeii (after VAN DER POEL 1984).



Fig. 2 – Insula VI, 1 at Pompeii: the façade of the Casa del Chirurgo.

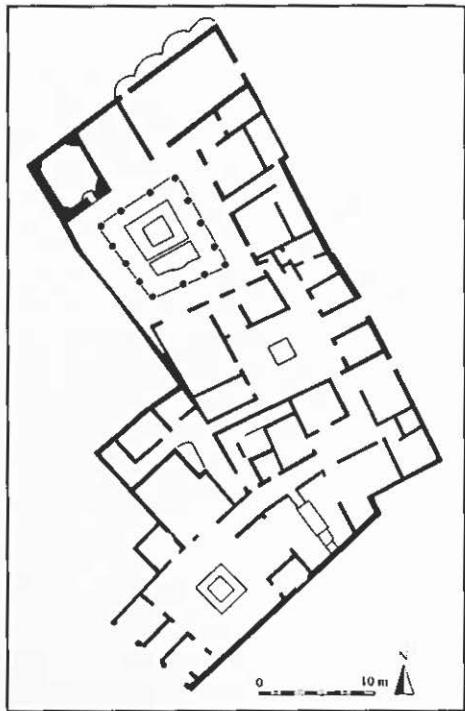


Fig. 3 - Insula VI, at Pompeii: the south wall of the Casa del Chirurgo, showing alterations for the added properties.

Fig. 4 - Insula VI, at Pompeii - Casa delle Vestali - final phase.

extended from a simple atrium plan by the addition of service rooms in an upper storey on the south side of the rear of the house (Fig. 3). Another property was created on the main street frontage immediately next to the south side of the Casa del Chirurgo, with a separate stair up from the street to another property.

The Casa delle Vestali evidently developed in a number of stages. In its final form it was a sprawling property that appears to have been architecturally inconsistent (Fig. 4). In its final phase, it had one elaborate entrance from the Via Consolare, opening into a wide atrium. At the back of that lay a small ornamental garden, but then passages led through a labyrinth of small rooms which connected to another atrium, opening from the Vicolo di Narciso. On the north side of that lay an impressive peristyle with a modified pool in the center. Some smaller rooms lay to the east of the peristyle, but there were on the north side a set of three imposing and elegant rooms decorated with Third Style wall paintings. Comparisons with the building line at the north end of the insulae to the east, VI, 2 and beyond, suggest that these rooms may all have been an extension of the house into the space behind the city wall (Fig. 1).



The main conclusion of our preliminary assessment was that the history of the insula was complex. Furthermore, even though its early history had been the subject of excavation and analysis, the existing knowledge of the insula was thoroughly inadequate. Many changes had clearly been made in antiquity to the visible fabrics of the buildings, complicated further by attempts at restoration made over the two centuries since the structures were first unearthed. No simplistic analysis of the insula could do justice to this complexity. It was relatively easy to make general interpretations of the main outlines of development from initial observations. However the validity of those interpretations could only be tested by systematic recording of the details of the standing remains. There was no other way of establishing whether observed changes were minor modifications within a major phase, or the key to a substantial remodeling of a building.

Our research strategy also sought to carry out selective excavation within the insula to recover as much as possible of the evidence for the pre A.D. 79 occupation. We were obviously committed to fully stratigraphic recording of the excavated below-ground archaeology. It was equally obvious that we should apply the same approach to the above-ground archaeology.

## 2. POSSIBLE SOLUTIONS

It is of course one thing to decide what kind of results are needed, it is another to decide how to get them. A number of methods were experimented with in the course of our 1994 season.

Firstly, the traditional way to achieve detailed records of a wall is by conventional measured drawings. This method has the advantage of a precise record of the wall details, easily linked with an interpretation of the sequence of building activities. Despite the quality of the output achieved, this method would be prohibitively slow to produce the comprehensive record of the whole insula which our research aims demand. Photography presented a possible way forward. In 1994 we created a thorough photographic record of most of the structures on 35 mm color slides. This has proved invaluable as an easily available source of reference, but is in no way specific enough for our main purposes.

More promising were our experiments with detailed photographs of walls using measured control points to allow later rectification. We used black and white and color print 120 film in a medium format camera. This method provided results that brought us close to images that could be printed and rectified to represent the vertical plane of a wall, showing an acceptable level of detail in the actual masonry. The approach would have allowed us to avoid the time-consuming measuring of every stone in a wall. The rectified images would then be suitable to use as the base for overlays on which the stratigraphic interpretation of the wall's phases could have been drawn. However there

were some significant practical problems in processing the photographic film. Ideally we would need the photographs to be printed and available to the teams working on wall interpretation during the same season. Yet to establish a dedicated dark-room facility for the field project would have been at best awkward and probably financially beyond our means. The alternative of taking photographs during one season for working with in the field in the following year was cumbersome and would have made for inflexible working.

### 3. SOLUTION ADOPTED – PRINCIPLES

What we have done is to use a still-video camera to produce digital images of walls. These images can be easily transferred to computer, where they can be rectified or otherwise processed as required. They are printed to provide a speedy hard copy image of the details of the wall, over which interpretations can be recorded as overlay drawings. This method creates detailed images which can be quickly provided for field use.

The principle is thus very simple. It provides a digital image from the start, avoiding having to transfer a conventional photographic image into digital form. This is easy to store and is then available for whatever processing may later be appropriate. For example, as we build our information base, it will be possible to create more sophisticated three-dimensional models of the structural history of the insula. This will be facilitated by our new total station survey of the ground plan of the insula. The method has significant benefits in that it uses easily available technology in cameras, computers and software. In that sense the principles are more widely applicable than the details of the equipment we are using. The principles can be applied and adapted according to the resources available for particular projects, but the basic requirements are readily available.

### 4. SOLUTION ADOPTED – PRACTICE

The core of our system is a Sharp VL-H410 Hi8 Viewcam video camera, with processing done on a standard IBM compatible 486 PC, running at 66mHz, fitted with an appropriate video card. Image editing has been done using Aldus Photostyler version 2. Drawings were digitized and rectified using AutoCAD (version 12).

The actual process involves the following stages:

*Wall preparation.* A grid of control points must be set up across the wall to be recorded. These should be marking areas of 1 x 1m. or 0.50 x 0.50m., according to circumstances. The points must be clearly observable. Brightly colored plastic photogrammetry targets are obviously ideal.

*Taking the image.* The framing of the image has very much depended

on the available space around the wall. It is sometimes feasible to include a complete wall in a single shot. However there may be problems of the resolution of the image with this method, since the camera gives a maximum resolution of 470,000 pixels for each image. It has often proved satisfactory to take a whole wall in one image. The alternative is to create a composite image of the wall by taking a number of images which then have to be added together. The compositing method can give improved resolution, but requires considerably more time spent on processing. Of course a combination of the methods can be used as necessary. Each project must balance the quality of the image needed against the pressures on time.

The Sharp VL-H410 Viewcam has been mounted on a tripod for stability. Care is taken to line it up perpendicular to the wall in order to minimize the levels of distortion in the image. We have found it most effective for minimizing distortion to keep the lens of the camera at a fixed zoom setting. The images are taken as 4 second stills. Each image can be given a spoken identification integrated into the primary record by using the camera's sound facility.

We have used Fuji Hi8 ES-90 video film which allows about 1300 full color images to be taken on each tape. This provides a very economical and compact storage medium for the images.

*Image capture.* The video images can then be played back from the camera through the video card and captured as a computer image file. We have used the Creative Technologies Videoblastar card and Windows-based software to save images in a number of file formats.

*Image editing.* We have transferred images to Aldus Photostyler version 2 for editing in various ways, such as the cutting out of superfluous information in the background or foreground, or expanses of sky.

*Printing.* The images can be printed as taken. We have used in the field a Hewlett Packard HP520 printer with satisfactory results (Fig. 5). Clearly a higher resolution laser printer would improve the quality of the printed image, but again each project must assess acceptable quality against cost and maneuverability.

*Wall analysis.* Once an acceptable paper image has been produced, it is taken to the wall itself for stratigraphic interpretation. We have organized this with teams of students working usually in pairs on a given wall, under close supervision. Their task is to identify individual construction events in a wall, on the basis of variations in the stonework and mortar. These are defined and recorded in a system of forms which follow the design of the stratigraphic record forms for excavation. Each construction event must be explicitly described, just as a stratigraphic unit in an excavation, with the stratigraphic relationships identified with other construction events. The method is simply an extension of stratigraphic excavation processes to stand-

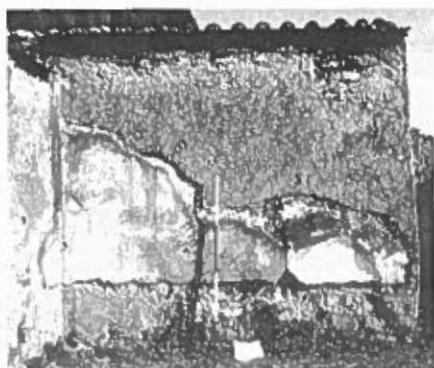


Fig. 5 – Unrectified still-video image of wall elevation in the Casa delle Vestali, Insula VI, 1 at Pompeii.

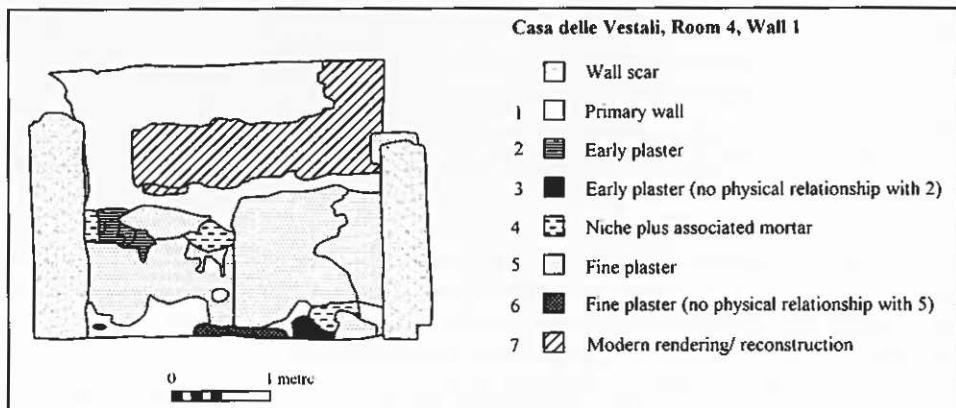


Fig. 6 – Rectified and interpreted drawing of a wall elevation – south wall of atrium of Casa delle Vestali, Insula VI, 1 at Pompeii.

ing remains. Essential to it is the drawn record on which the construction events are defined. This takes the form of a tracing film overlay on the printed image, on which the construction events are plotted.

*Rectification.* We have chosen to rectify into the vertical plane the interpretation drawing made as an overlay, rather than the original computer image (Fig. 6). The overlays are digitized using AutoCAD v.12, which takes into account the distortion between the control points on the image and in the true vertical plane, to produce a corrected drawing. Each construction phase is digitized as a single layer in the system. The rectification could be done earlier, before the printed image is passed over for wall analysis. However we have found that careful positioning of the camera has kept distortion levels very low, so that the raw image is usually accurate enough to work with in the field. We have therefore been able to leave the rectification to a time outside the pressures of our field season.

## 5. REVIEW AND PROSPECTS

We look forward to developing this system further as our project progresses. We will be using our record for interpreting and documenting the structural sequence in the insula, including three-dimensional modeling. The images can also be linked to relational databases of the wall contexts, and if appropriate to relevant excavation data. It is already clear that we will be able to archive images very efficiently, since the video tape format holds so many images. This is important for our continuing investigations. It is also likely that the quantity of digital images will raise new questions and possibilities for the publication and dissemination of our results and our archival data. Given the developments that can be envisaged in the storage and publication of images in various media it is not yet possible to say what will prove to be the most effective format in which to publish these images, but there is the exciting prospect that we will be able to publish our buildings in unprecedented detail.

We are still in the process of learning how to exploit the possibilities of the technology fully. Our experiences so far have taught us some of the problems and the potential. It is clear that implementing such new methods for the first time requires the working team to adapt. It is necessary to try out the techniques before being faced with the real situation in the field. This has to be done in terms of the needs of the particular project. The experimentation needs to address particularly the issue of when in the recording process to rectify the images.

We also found that many of our team took some time to get used to the idea of analyzing walls stratigraphically, even before familiarizing themselves with the new technology. Our team was made up mostly of inexperienced student members of our Field School. They needed close supervision at first, but soon became confident with the techniques. The methods are quite labor intensive, but not nearly so demanding of labor as conventional drawing. In fact the methods have proved remarkably cheap and efficient. Our experiences of work rate are that in 1995 the photographic team worked with an average of three students at a time, for five weeks. They achieved the recording of virtually the whole insula. The wall analysis teams worked in groups of five to six for four weeks, and completed the interpretation of about 20% of the insula. Both calculations include learning time because of frequent rotation of the students between these and other tasks in the project. The great advantage of our approach is that the time is mostly spent on working out the interpretation of the structures, rather than the laborious measuring-in of thousands of individual stones.

The results achieved in the Project so far demonstrate the strength of combining excavation and interpreting structures (BON *et al.* 1995). We can show the outline of the development of the parts of the insula examined. In

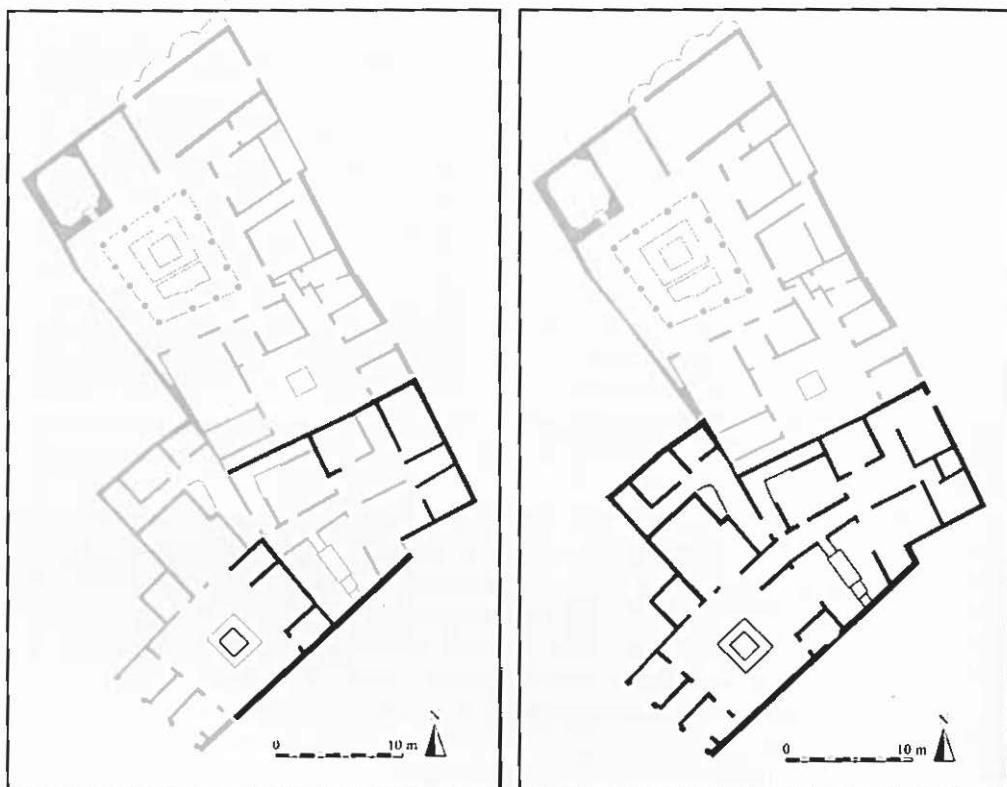


Fig. 7 – Insula VI, 1 at Pompeii: Casa delle Vestali – two atrium houses.

Fig. 8 – Insula VI, 1 at Pompeii: Casa delle Vestali – a single house.

the Casa delle Vestali, the early plan comprised a number of small atrium houses, the plans of two of which we can now present (Fig. 7). These two were later combined into a single unified house, with their different alignments linked by a small garden (Fig. 8). Later still this house was linked with another adjacent house to create a very large complex with a grand peristyle (Fig. 4). Such developments raise numbers of questions about changes in the use of urban space at Pompeii, and changes of social organization, over the centuries before the eruption of Vesuvius (BON *et al.* forthcoming).

These results show how the application of new technologies can be used to create research evidence of unprecedented quality and detail. Our interpretations of the structural sequence depend on a full analysis of the buildings. That could not be practically achieved by conventional means. In a research context wherever standing remains are important, this method of documentation may prove useful. Pompeii is not the only major archaeological site where extensive standing remains were excavated many years ago

and where the condition of much of the site continues to be effectively undocumented. In such cases, a full program of analysis and interpretation may not be immediately necessary.

However in many cases there is simply no record of the current condition of the remains as they survive today, artifacts of ancient construction and modern restoration. The technique outlined here can quickly document the state of survival of the extant remains. It is a very valuable tool for the conservation and management of the cultural heritage. It offers rapid, accurate imaging and compact archiving, through technology that is readily available world-wide. We hope that our work will prove helpful in these areas, as well as in understanding the urbanization of Pompeii.

SARA E. BON

Department of Anthropology,  
University of North Carolina at Chapel Hill

RICK JONES

DAMIAN J. ROBINSON

Department of Archaeological Sciences,  
University of Bradford

BERNICE KURCHIN

Department of Anthropology,  
Hunter College,  
City University of New York

## BIBLIOGRAPHY

- BON S.E., JONES R. (eds.) forthcoming, *Sequence and Space at Pompeii*, Oxford, Oxbow Book.
- BON S.E., JONES R., KURCHIN B., ROBINSON D.J. 1995, *Anglo-American Research at Pompeii 1995. Preliminary Report*, Bradford Archaeological Sciences Research 1, Bradford.
- BON S.E., JONES R., KURCHIN B., ROBINSON D.J. forthcoming, *The context of the Casa del Chirurgo: investigations in Insula VI, 1 at Pompeii*, in BON, JONES forthcoming.
- CHIARAMONTE TRERÉ C. 1990, *Sull'origine e lo sviluppo dell'architettura residenziale di Pompei sannitica*, «Acme», 43,3, 5-34.
- MAIURI A. 1930, *Saggi nella 'Casa del Chirurgo'*, «Notizie degli Scavi di Antichità», 381-395 (reprinted in A. MAIURI, *Alla ricerca di Pompei Preromana*, Napoli 1973).
- VAN DER POEL H. 1984, *Corpus Topographicum Pompeianum, III the RICA Maps of Pompeii*, Austin, University of Texas.

## ABSTRACT

The large-scale recording and investigation of standing archaeological monuments by conventional methods presents considerable problems of labour and expense. Modern techniques provide cost-effective methods applied in Pompeii, using widely available technology in digital imaging, computer hardware and software. These approaches provide

important benefits both for research and for conservation policies. They facilitate the analysis of the structural history of the buildings, which forms a crucial part of the research programme of the Anglo-American Pompeii Project. However their advantages for the speedy documentation of the current condition of extensive areas of standing monuments are of more general application.

## AUTOCAD FOR ARCHAEOLOGY A NEW ERA IN ARCHAEOLOGY

We began using the AutoCAD program for archaeological drawings 4 years ago at the Yodfat (Greek: Iotapata) project in Galilee, Israel.

The site of Yodfat is in the lower Galilee and was a fortified settlement during the great revolt of the Jews against the Romans. The city was founded in the Hellenistic era and was destroyed in the summer of 67 AD after resisting a 47 day siege under the leadership of Joshephus (War, III).

Several surveys were conducted at the site to verify its identification with Yodfat. In 1991 excavations begun at the site, under the directorship of Mordechai Aviam from the Israel Antiquities Authority together with Rochester University and have continued until now.

We found fortification remains all around the hill, many cisterns and ritual pools – what we know as Jewish “Mikve” inside the domestic structures. Outside the northern fortifications, and attached to the city wall, we discovered a part of earthworks. This ramp was built by the Romans during the battle in the first century, and yielded bows and catapult arrowheads, ballistra stones and rolling stones. We also found some nails, that apparently came from the Romans soldiers boots.

Because of the bad preservation of the site, we decided to document each layer in detail. We picked for the documentation AutoCAD version 12, with Advanced Modeling Extension (AME).

At the first season we used a survey program application to AutoCAD, for making a topographic map that included all the archeological and the topological information of the survey. This map, helped us to decide where to locate the squares for the digging. The archeological remains were drawn and measured at the site, according to their respective square and then, digitized into the computer (Fig. 1).

The top plans and balks drawings were digitized according to their exact location on the survey map. Each square has an individual drawing, that can also be joined to a general area plan and to a complete site plan. The finds were labeled according to their different types like floors, walls, installations, bedrock etc. This enabled the user to view the remains either according to specific detail or entire information. The ability of CAD program to organize and isolate information on different layer is another beneficial feature. Relationships between objects can be studied very effectively by placing different artifacts and site features on multiple layers. Material can be grouped by date, type – or stratigraphical information, and then be turned on and off in various combination to examine their relationships.

## XV.B16

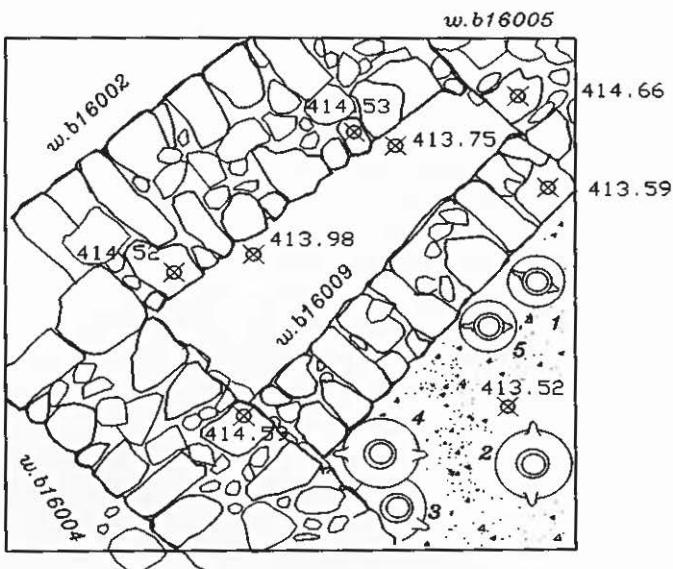


Fig. 1

During the season, the top plans were updated on a daily basis according to the development of the excavation. Each day we plotted a new version of the digging areas and squares. The plotting plans were used for two purposes: one for the area supervisor at the site, and the other for the surveyors to update the area plans.

We also used the AutoCAD program to draw three dimensional section drawings. The sections were entered in different layers. This system enables the user to examine the square either in two or three dimension. In the 3 dimensional (3D) view the user can pick which direction to examine the architectural remains and to study their relationship to the stratigraphical layers.

We can also add to the sections and top plans' drawings the location of the pottery, coinage and other artifacts that were founded on the squares. CAD layering techniques is used to arrange information in chronological order too. Changing can be made without changing the master top plan. This ability to separate different types of graphic information allows archaeologists to create and compare different hypothesis without "contaminating" evidence of actual recorded features.

This system has followed the progress of the excavation and has proved its worth especially in the last season when the volume of information has

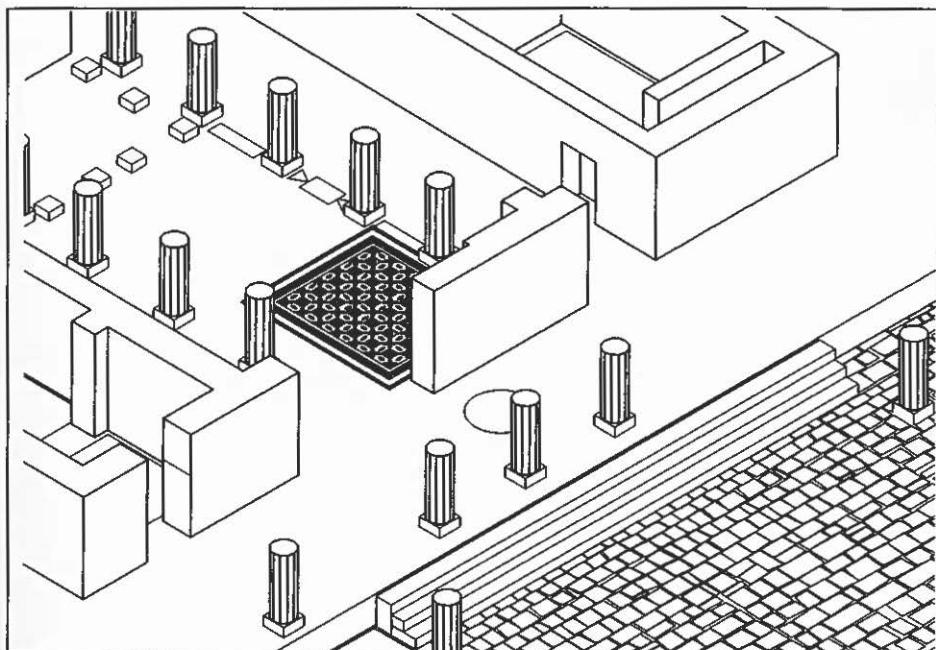


Fig. 2

been enlarged considerably. All the plans and sections from previous seasons were updated easily and quickly with this system.

Other projects in the Galilee region have utilized this graphic system. We have reconstructed for example a church, from the Byzantine period (Fig. 2) using the Auto CAD AME for draw several different reconstruction's on separate layers based on the existing evidence to see which one fit the best.

Some of the drawing of the patterns in the mosaic floor found in the church, were digitized to the computer and then – multiplied as a hatch pattern all around the floor. The dynamic view command, enables us to choose the exact location and the angle of the view for our model. One of the options is to set a camera view, which rotated around the target, changing the distance and freezing the selected point of view. We can also create a rendering animation model that can illustrate the 3 dimensional reconstruction building that we drew. With a color plotting we can plot a photo realistic representation of our model.

The use of AutoCAD for graphic plans in archaeological excavations is still in a beginning stage. The AutoCAD program has proven itself as a valuable and useful tool for archaeological research. Further refinement of the program in cooperation with the parent company will improve its performance and will be more easily applied in more archaeological work.

Besides the dimension and the location database mentioned above, AutoCAD drawing can be used as the foundation of a database of all the information coming out of an archaeological dig. CAD's ability to keep track of all kinds of information makes this possible.

So far, our drawing system is not fully integrated with the data base programs that we are using – excavation 2001, developed by the Israel Antiquities Authority. We hope that in the future we will be able to improve our system, and make it more accessible for additional archaeological use. This development will be accomplished by future cooperation – between computer programmers and archaeologists.

NATALIE R. MESSIKA  
Israel Antiquities Authority

#### ABSTRACT

The paper presents a new method in analysing archaeological data using computer programs – mainly AutoCAD with AME. The method combines recording of archaeological field work (such as survey topographical maps, drawing plans and sections) – with analysing layers, strata and artifacts in 3-D view. It was also used in other projects in this region, mainly for studying large architectural elements. Our method provides a more accurate device, and opens new possibilities in examining current archaeological issues.

## DIGITIZATION OF THE O'GORMAN'S MURAL AT THE CENTRAL LIBRARY OF THE NATIONAL UNIVERSITY OF MEXICO

### 1. DESCRIPTION OF THE PROJECT

#### 1.1 *The relevance of the mural*

The campus of the National University of Mexico was built at the beginning of the fifties in the south area of Mexico City. It was conceived as an architectural masterpiece in a wealthy time for the country. Its planning and construction were given to the most important architects of the time and its style is embedded with the aim to integrate an international functional expression with a nationalistic character. In these years, the country was living an important artistic movement leaded by Diego Rivera, Orozco and Siqueiros.

The thematics of their work, retake the indigenous past, the history of the independence war and the revolution under the communist ideal. Their work is accompanied by the social presence that is depicted on the walls of public buildings. In the constructions of the National University, the buildings make extensive use of local materials and the integration of different aspects of the plastic such as architecture, sculpture and paintings.

The central library (Fig. 1) is the element of higher hierarchy within the whole set of buildings, as revealed by its spatial location within the campus urban conception, his volume and decoration. It was meant to be a symbol of culture, of the University itself, in a country whose progress was largely based upon the importance given to higher education.

#### 1.2 *Description of the mural*

The part of the library that holds the bulk of the book collection is a blind parallelepiped, whose walls bear the huge mural ( $3712 \text{ m}^2$ ) created by O'Gorman. It is composed by  $1 \text{ m}^2$  plates (5 cm thick) (Tav. XXXIV, a) built on the ground and further affixed to the wall through a metallic structure.

The different colors of the mural were achieved using natural colored stones (2-4 cm) with exception of blue materials which were taken from blue glass. Eleven types of stone were used according to O'Gorman, although now only ten of them are clearly distinguished. The set of colors is composed by red, yellow, pink salmon, violet-pink, violet-grey, dark-grey, black, white, dark-green, light-green and blue.

In the northern façade the prehispanic past is depicted in a symbolic fashion, with Tenochtitlan, the lacustrine city and Quetzalcoatl, the feathered serpent.

The southern façade depicts the colonial past. In the upper part of the



Fig. 1 – General view of the Library.

central axis, the heraldic of the Habsbourg family, kings of Spain during the XVI century can be seen, while in the lower part, the typical constructions of the occidental architecture are represented. On the right side, the Christian concept of The Good illustrated by the Franciscan rope and the sun. On the left side, the evil, the world of the Moon. The colonial time is represented by the map of Mexico City that was sent by Cortes to Charles V, descriptions of military towers and baroque churches of the XVIII century.

The east façade contains a description of modern world that includes the atom picture, history as symbolized through the red star, the open book of culture and a nationalistic sense given by the picture of the last Aztec emperor, i.e. Cuauhtemoc.

The west side portrays the actual country, with a landscape illustration of the valley and the blazon of the university; the students are illustrated in an allegory, fed by knowledge, the strength of arts and national wealth.

### 1.3 *The registered damages*

After 45 years from its construction, the mural has suffered a number of problems with different causes i.e. defects in the construction, weather and pollution. Some of the most important are:

- the falling of stones, which in the particular case of the blue color is attributed

to the loose binding between glass and cement, but also, to the use of a dry cement during the preparation of the plates to avoid cement staining of the stones.

- desintegration of some of the green stones favored by their great porosity. In the case of light green, the stones are partially lost leaving behind those parts closely bound to the cement.

- the change of color, in particular that of the green stones.

- the "explosion" of concrete after corrosion of the iron frame.

- the convexity of some plates after compression of the metallic structure.

#### **1.4 Aim of the work**

Our work is aimed to document and evaluate the overall damage prior to intervention of restorers. This includes a first stage that needs the elaboration of a suitable methodology for the acquisition of images which can also be used "a posteriori" for registering the state of the building after restoration, the follow up of aging and the efficacy of the employed techniques. The storage of graphic information in digital media has a number of well-known advantages, such as durability of the media, an inherent low cost of reproduction, the possibility of printing multiple hard copies of material, the ease of virtual modification and the sharing of information through networks.

Nevertheless, while digitization techniques are now of common usage, our particular purpose posed several problems that required analysis and decision making which are presented herein. A further stage will be concerned with the development of algorithms for correction and analysis of images in order to evaluate the damages.

### **2. SCIENTIFIC OBJECTIVE**

A number of factors have to be taken in account prior to the decision making step in relation to the digitization process.

**1. Choice of precision level.** This is concerned with the compromise to achieve the necessary level of precision knowing that the selection of inadequately low resolution will cause loss of information and that a too high resolution involves the handling of archives of inconveniently large size. The intermediate solution is based in the principle of economic use of the media. A convenient resolution which has been adopted to digitize common size paintings can reach 10 pixels/mm, although this is not applicable to the case of the mural.

**2. Surface covered by each digitized image.** Once a suitable resolution is chosen according to the capacities of the computing equipment and the processing power, the correspondence between actual surface and digital images can be setup.

**3. Surface captured in each photography.** The surface covered by each final image may not correspond to the surface initially captured photographically

since various images may need to be grouped or a large one may need to be divided. To calculate the surface covered by each photographic capture, the features of the digitization system have to be considered.

**4. Position of the camera and the lens.** The position of the camera has to be set in function of the surface to be captured, the type of lens and available space.

**5. Visible and Invisible.** It will be necessary to define the spectral width that will allow the obtention of useful data and to decide the use of visible or invisible spectrum. The usefulness of infrared light for the study of paintings is well documented.

**6. Analog-Digital acquisition.** In order to obtain an image in digital form, various alternatives are available such as digitization of video, photographs, or direct digital captured with digital cameras or CCD. The latter has the advantage of reducing the variables that may affect each step, including the chemical development of photographic films.

**7. Digitization.** When using analog acquisition, a careful selection of the digitizing equipment has to be made allowing reproducible use of parameters for color control and acquisition time for each snapshot.

**8. Distortion control.** A normal distortion during capture has to be taken in account starting from the camera, the lens, the digitization system and perspective effects. If calibration of images is necessary, the system should provide the indispensable tools to allow the modelling of distortion.

**9. Light Control.** In order to compare the digital images, group them and analyzed them, a uniform illumination is necessary and plays an important role in designing the overall strategy. Just as geometric and optical distortions are to be considered, the control of light conditions will be a key parameter on its own.

**10. Organization of images.** Finally, once the object is registered as multiple images, the logical ordering of the graphic material should be arranged as an easily accessible set.

Each of the mentioned aspects has to be analyzed independently for a correct setting, although there is an obvious connection among all of them for a successful outcome.

### **3. SOLUTIONS**

One of the most important aspects for the decision making process concerning digitization of the mural was to make possible the automatic correction, a key step for future correction and analysis as well as batch processing.

The chosen resolution for images was decided in relation to the main objective of the work i.e. to document the damages of the mural, and to the digitization system used. Thus, considering that the stones measure between 2 and 4 cm, that their gap is ca. 2 mm, and that digitization of a 35 mm negative is 2048x3072 pixels, a resolution of 1.5 per pixel mm was adopted.

Concerning the location of the camera, two possibilities were consid-

ered: a detached capture from the ground with a telescopic lens, or a closer one from a structure which can be slide along the wall surface. While the first possibility saves many efforts, the second one was chosen since it offers several advantages. For example, the desired precision can not be matched with the first alternative; also, those elements not captured due to perspective effects would not be present at all. Finally, control of illumination would be rather difficult as well as its correction.

Therefore a light metallic structure was designed which hangs from its gravity axis to avoid putting pressure upon the wall; its vertical and horizontal movement can be controlled from the roof of the building. The structure has a platform so a person can position the frame prior to each photographic capture. The frame has to cover 1.10 m height that corresponds to the dimension of each plate of the mural, plus 5 cm extra per side, to ensure that two images can be overlapped. In the horizontal sense, two configurations can be chosen: the first with a frame of 1.40 m length to allow the capture of the 0.30 m plates at the edges of the building while capturing at the same time the neighboring 1.0 m plates; the second one is 1.10 m length for normal plates.

The use of such frame provides the coordinates to control parallelism and scale of the picture. The camera is affixed at a constant distance of 1.65 m from the façade. It has a 50 mm lens that introduces minimal distortions. The capture of larger areas was examined as a mean to economize the amount of movements and pictures, though it was ruled out since it implies the use of great angle lenses (and greater distortions) or the capture from a longer distance from the wall and a heavier metallic structure.

The best procedure to ensure uniform illumination when dealing with exterior photography is working at night. Flash and light bulbs are affixed to the structure and each snapshot can be taken with the same light conditions. The distribution of light upon the surface can be monitored before by studying the light distribution on a gray plate.

Distortions due to the lens (aberration), the camera and to the analog/digital converter has to be modeled in order to perform corrective calculations. Information to calibrate images is furnished by a prior photography of a black and white checker-board like drawing.

The spectral range chosen was the visible part since most of the damages are detectable to the human eye. Therefore, normal color photography is satisfactory for the present purpose.

The surface covered by each image corresponds to a slightly larger area than each square plate and this is useful for the numbering of files. Each side of the façade has been divided into a matrix whose origin is the upper left corner. The columns are registered by letters and the rows are assigned numbers. Those archives that correspond to specific sides of the façade carry the prefix corresponding to the geographic orientation. For example, archive S\_B5

belongs to the plate of the second column of the fifth row of the south façade. Once corrected, the archive measures 1650 x 1650 pixels and ca. 8.2 MB.

When the issue about the type of camera to be used was examined, it was found that a digital camera or CCD is not recommended for exterior photograph as it is our case since the acquisition times are relatively long. Therefore, classical (analog) photography was chosen.

For digitization purposes, the PhotoCD commercial system will be used for its speed and constant output with a relatively low cost.

In order to store in digital form the complete 3712 m<sup>2</sup> of mural before and after restoration, using a resolution superior to 1.5 pixel by mm<sup>2</sup>, a storage media of 54 optical disks was estimated.

#### 4. CONCLUSION

The digital recording of a subject which is to be submitted to restoration is in the present time a useful resource as long as its inherent advantages are profited maintaining a high quality of images. Once this requirement is met, the studies in conservation will be stimulated. This will allow us to increase our knowledge in a field relevant to any culture willing to preserve the historic memory associated to the objects that constitute their cultural patrimony.

GENEVIEVE LUCET, ARACELI CASAS  
Dirección General de Servicios de Cómputo,  
Universidad Nacional Autónoma de México

CARLOS CHANFÓN  
Facultad de Arquitectura,  
Universidad Nacional Autónoma de México

#### Acknowledgments

The project was supported by a grant from DGAPA, UNAM.

#### BIBLIOGRAPHY

- BILLINGE R., CUPITT J., DESSIPRIS N., SAUNDERS D. 1992, *A note on an improved procedure for the rapid assembly of infrared reflectogram mosaics*, «Studies in Conservation», 38, 92-98.
- BURMEISTER A., BAYERER F. 1993, *Towards improved infrared reflectograms*, «Studies in Conservation», 38, 145-154.
- KIERNAN S.K. 1994, *Digital preservation, restoration, and dissemination of medieval manuscripts*, in *Scholarly Publishing on the Electronic Networks, Proceedings of the Third Symposium*, ARL Publications.
- LANGE E. 1994, *Development of an On-Site Digital Imaging System for Site Documentation*, in *Imaging the Past, Electronic Imaging and Computer Graphics in Museum and Archaeology*, British Museum.

- ROBINSON P. 1993, *The digitization of Primary Textual Sources*, Office for Humanities Communication Publications, 4, Oxford University, Oxford.
- TORRES M.L., REYES G.M., BRAVO H., GÓMEZ-URQUIZA M. 1993, *The Influence of the Materials of Juan O'Gorman's Murals on the Central Library of the University of Mexico*, 86th. Annual Meeting of Air and Waste Management, Denver, Col.

#### ABSTRACT

A discussion is made about the problem of the graphic registering of a large mural, symbol of the Mexican culture of the fifties. Vantages of digital information are well-known. Nevertheless, digitization of a 3712 m<sup>2</sup> mural in order to capture information of the state of the mural before and after restoration, and analyse damages applying image processing tools, oblige to a solution that takes into account the particularities of the problem. The solution must ensure high precision of the survey to be a tool for restorators and must control general snapshot conditions to obtain images with equal characteristic that will allow the repetition of the same algorithm for the "Computer Aided Restoration" step.

How were selected pixel definition, image size, camera location, image acquisition and digitization systems, and enlightenment condition was controlled? These are the topics developed in the present work.



## UN SISTEMA ESPERTO A SUPPORTO DELLA SCELTA DI INTERVENTO CONSERVATIVO SU BENI CULTURALI

### 1. INTRODUZIONE

Il progetto di realizzazione del Sistema di supporto alle decisioni per gli interventi conservativi su materiali litoidei e metallici, nell'ambito del Piano Nazionale di Ricerca per la Chimica del Ministero per l'Università e la Ricerca Scientifica, *SEMPRE*<sup>1</sup> (Sistema Esperto Montedison per il Restauro) è da considerarsi un progetto di ricerca, a carattere sperimentale.

Una delle scelte progettuali è stata quella di prendere solamente in considerazione gli interventi non strutturali in quanto questi ultimi necessitano di analisi e si basano su principi propri della scienza delle costruzioni non rientrando di conseguenza negli scopi dei Programmi Nazionali di Ricerca per la Chimica.

Nello stesso tempo si è assunto come prerequisito che relativamente ai casi che possono essere presi in considerazione dal sistema siano state effettuate tutte le indagini di tipo diagnostico necessarie per poter affrontare in maniera metodologicamente corretta un intervento conservativo.

L'obiettivo principale del progetto è consistito nel mettere a punto una programma informatico atto a verificare un modello formale dell'universo delle entità, eventi, interazioni, stati, operazioni etc... che caratterizza il dominio degli interventi conservativi su materiale litoide o metallico.

Tale modello, ideato da esperti nel settore, è stato trasportato in un *sistema esperto* in grado di esaminare un caso reale di patologia riguardante un bene culturale litoide o metallico e di fornire indicazioni sul tipo di intervento conservativo da effettuarvi, nonché informazioni sulla sistematicità, l'efficacia e l'economicità del tipo di intervento suggerito. Il sistema, inoltre, accedendo ad un'apposita base di dati, segnala all'utente, laddove documentati, tutti i casi che presentino un certo grado di affinità con il caso istruito.

Un sistema esperto, come è noto, è un programma informatico basato, piuttosto che su procedure, su un insieme di regole; infatti mentre all'interno di un programma procedurale viene esplicitato il percorso che porta alla progressiva valutazione delle specifiche delle procedure, in un programma basato su regole viene fornito un elenco disordinato di particolari strutture, le regole appunto, formate da una dichiarazione detta *premessa* ed una dichiarazione detta *conclusione*, le quali vengono continuamente valutate da una procedura (motore inferenziale) che ha il compito, volta per volta, di attivare

<sup>1</sup> Lavoro svolto nell'ambito di un contratto relativo al Programma Nazionale di Ricerca sulla Chimica II Fase ed affidato dal Ministero dell'Università Scientifica e Tecnologica alla Ausimont S.p.A. Milano.

la "conclusione" delle regole di cui sia verificata la "premessa". Le dichiarazioni che formano le regole sono composte da espressioni formate da parametri ed operatori booleani. Il valore dei parametri contenuti nelle premesse, il quale determina la valutazione della regola, può derivare sia da sorgenti di informazione esterne al sistema (es. archivi), sia da *conclusioni* di altre regole, caso in cui si viene a creare una correlazione tra regole diverse all'interno dello stesso sistema.

## 2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO<sup>2</sup>

Il sistema informatico *SEMPRE*, per il supporto agli interventi conservativi su beni culturali composti da materiali litoidi e metallici, ha due funzionalità fondamentali: dato un caso di intervento, fornire indicazioni sulle tecniche ed i materiali da adottare e reperire in particolari archivi di riferimento, casi analoghi. Entrambe queste funzionalità hanno alla base una tecnica di rappresentazione del caso in esame mediante la quale l'utente può formalizzare le proprie conoscenze sul caso stesso. Data la vastità della tipologia delle entità, delle connotazioni delle entità, degli eventi in cui queste possono essere coinvolte che caratterizza il campo applicativo del sistema, la specificazione dell'informazione sui casi di intervento non si può ridurre con facilità a percorsi e schemi prefissati. Si è preferita quindi una modalità di immissione dei dati forse meno immediata dei tradizionali schemi informatici di dialogo, ma capace della flessibilità che il dominio di applicazione richiede.

Il metodo di descrizione del caso si basa su un formalismo che chiamiamo *rete semantica*. In una rete semantica infatti si distinguono i *concetti* e le *istanze*. I concetti rappresentano in senso astratto una categoria individuata nella realtà, le istanze rappresentano un individuo particolare riconducibile ad un concetto. I concetti sono organizzati in una struttura tassonomica, vale a dire che è possibile definire concetti generali e concetti particolari, questi ultimi derivanti dai primi. Ogni concetto può essere caratterizzato da predici-  
tati detti *attributi*: sono rapporti che il concetto intrattiene con altri concetti mediante una relazione definita. La particolarità della struttura tassonomica dei concetti è che gli attributi definiti sui concetti generali sono altresì definiti sui concetti particolari.

Le istanze rappresentano, come abbiamo detto, elementi della realtà visti come concretizzazione di un concetto definito. Tra le istanze, ovviamente, non esistono rapporti gerarchici: non vi sono istanze che derivano da altre istanze. Piuttosto ogni istanza è caratterizzata da un riferimento univoco al concetto di cui è espressione. Tra le istanze possono essere definite relazioni, dette *caratteristiche*, che devono corrispondere agli attributi definiti a livello concettuale. Un caso di intervento conservativo può essere formalizzato come

<sup>2</sup> Al Progetto hanno contribuito G. Bortolaso, M. Geddo, I. Oggiano.

struttura di istanze caratterizzate, formanti una rete, che fanno riferimento ad una adeguata organizzazione di concetti e attributi.

Avendo al suo interno una struttura di concetti disegnata appositamente per esprimere l'universo semantico cui fa riferimento l'operatore del settore, il sistema mette a disposizione un complesso di controlli grafici che offre la possibilità di formare in modo corretto e intuitivo la rete di istanze che rappresenta un caso di intervento.

La finestra grafica di gestione del caso di intervento presenta alcuni simboli grafici che rappresentano i concetti fondamentali attraverso i quali l'utente formalizza il proprio caso. Mediante una certa sequenza di operazioni, tali simboli possono essere trascinati all'interno della finestra dove rappresenteranno l'istanza del concetto simbolizzato. Su tali simboli l'utente potrà operare nelle modalità specificate per definire l'esatta tipologia semantica delle istanze e i dati relativi alla loro caratterizzazione in termini di relazioni con altre istanze concettuali all'interno del caso. Alle istanze l'utente potrà anche attribuire un nome simbolico, sostituendolo all'identificativo assegnato automaticamente dal sistema al momento dell'istanziazione (Tav. XXXIV, b).

La struttura di rappresentazione dei dati, che è stata ritenuta idonea a descrivere le entità caratteristiche del dominio nonché le loro reciproche relazioni, come abbiamo detto prende il nome di *rete semantica*. Tale struttura di rappresentazione consiste in una estensione del modello *entità/relazioni* noto nell'ambito dei sistemi di gestione dei dati.

Prima ancora di elaborare gli elementi specifici della rete semantica idonea a rappresentare il dominio del sistema, sono stati identificati alcuni principi generali di impostazione dell'analisi.

Il primo principio generale consiste nell'individuare gli elementi analitici secondo criteri *naturalistici* piuttosto che *culturali*. Questo significa che l'attenzione degli esperti di dominio si è portata sull'identificazioni delle caratteristiche fisiche, biologiche, strutturali degli oggetti del dominio piuttosto che sulle categorizzazioni prodotte dall'uso linguistico e dalle convenzioni culturali riguardanti tali oggetti.

Si è evitato, ad esempio, di portare nell'analisi la categoria *bene culturale*, il cui statuto deriva dal modo in cui la nostra cultura dà valore a determinati oggetti, centrando invece l'attenzione sul modo migliore di descrivere la composizione, la struttura, la collocazione ambientale dei sistemi fisici che possono divenire oggetto di intervento conservativo.

Il secondo principio consiste nel mantenere un ampio grado di libertà dall'analisi rispetto alla pragmatica del sistema, vale a dire nel non farsi condizionare, in fase analitica, da quelle che possono essere immaginate, al momento dell'analisi, come prestazioni finali del sistema. Un errore molto grave sarebbe stato, infatti, il tentare di ricostruire categorie *ad hoc* sulla base dei risultati desiderati su una base (necessariamente ristretta) di casi reali.

Si è reputato che, laddove sono disponibili conoscenze elaborate in

forma scientifica, tali conoscenze dovessero essere riportate nel sistema nelle modalità più aderenti alla strutturazione di tali conoscenze, a prescindere da ogni considerazione relativa all'uso del sistema stesso.

Questo principio può avere come effetto la presenza nel sistema finale di conoscenze che, nella base reale dei casi trattati, non vengono effettivamente utilizzate.

Tale effetto di *ridondanza*, pur non essendo del tutto negativo (si colloca già, ad esempio, nella prospettiva di un ampiamento dell'uso del sistema), è comunque tenuto presente in sede di analisi, e talvolta può portare all'adozione consapevole di alcune *deroghe*.

Ad esempio, un fenomeno come quello dell'umidità atmosferica, che dovrebbe essere analizzato nei termini della composizione fisico-chimica di quel particolare aggregato rappresentato dall'atmosfera terrestre, può essere pragmaticamente sintetizzato in un parametro numerico applicato al "sistema ambiente", laddove però si sia consapevoli (anche in termini documentari) che tale parametro si colloca in luogo di un complesso analitico più articolato.

Il terzo principio, infine, è quello dell'esplicitazione dei criteri di analisi. Questo significa che l'articolazione classificatoria degli elementi analitici, tale che gli elementi sono inquadrati in gerarchie che vedono gli elementi particolari subordinati a quelli generali, deve basarsi su criteri esplicitabili e documentabili. Così, ad esempio, se la classe delle *particelle* si articola nelle sottoclassi *atomi* e *molecole*, il criterio di tale articolazione sarà quello della *composizione*: le molecole sono composte da atomi.

Fa parte della tradizione scientifica, poi, il principio della *non moltiplicazione senza necessità* di tali criteri analitici, sicché l'obiettivo di massima della analisi del dominio del sistema è quello di ottimizzare il rapporto tra articolazione degli elementi analitici e dei criteri di analisi.

La rete semantica che gli esperti hanno elaborato per descrivere il dominio sul quale si applica il sistema prevede tre categorie fondamentali: le ENTITÀ, gli STATI, gli EVENTI.

Quella delle ENTITÀ è la categoria che racchiude tutto ciò che è materiale. Tale categoria è al suo interno organizzata mediante un criterio compositivo, per il quale vengono identificate ENTITÀ sulla base del loro grado di articolazione in termini di altre ENTITÀ.

La categoria degli STATI è direttamente correlata a quella delle ENTITÀ mediante la relazione CARATTERIZZA. Tale categoria rappresenta una collezione di attributi qualificativi delle ENTITÀ, e pertanto ha una organizzazione interna simmetrica ad esse.

La categoria degli EVENTI classifica tutti i processi temporali nei quali le ENTITÀ possono essere coinvolte.

Nel caso in oggetto, la base di conoscenza è costituita dalle *regole* che formalizzano le conoscenze e le esperienze sulle problematiche di conservazione. Si sono infatti definite una serie di regole che, basandosi sul modello

*entità/relazione* identificato dagli esperti, controllano la problematica di conservazione di un bene culturale, rendendo possibile l'automazione del processo decisionale riguardante gli interventi conservativi. Tali regole, rappresentate e catalogate tramite una scheda descrittiva, contengono nella premessa i dati descrittivi dell'oggetto di intervento e delle sue patologie e nella conclusione le determinazioni sull'intervento.

Si è stabilito di suddividere la Base di conoscenza in gruppi omogenei di Regole ognuno dei quali risolvesse un particolare aspetto "operativo" inerente il procedimento di "restauro" di un Bene Culturale. I gruppi individuati sono relativi alle regole di PRECONSOLIDAMENTO, PULITURA, STABILIZZAZIONE, INCOLLAGGIO, CONSOLIDAMENTO, STUCCATURA, PROTEZIONE, INTEGRAZIONE, FISSAGGIO.

Un altro servizio che il sistema è in grado di fornire è quello del reperimento di documentazione su casi di restauro che presentano qualche analogia con quelli trattati volta per volta dall'Utente. Si è dotato quindi il Sistema Esperto di una apposita funzione denominata appunto di SIMILARITÀ che è in grado di scandire l'insieme dei casi memorizzati valutando di volta in volta il livello di analogia fra ogni caso dell'archivio e quello in corso di istruzione da parte dell'utente, utilizzando allo scopo un apposito *algoritmo di valutazione* che opera sull'insieme dei dati con cui si sono definiti i casi. La possibilità di valutare l'analogia all'interno di insiemi di dati dipende fortemente dalle strutture di rappresentazione dei dati stessi: vale a dire dal tipo di correlazioni che tali strutture istituiscono tra i dati.

In una rete semantica esistono rapporti gerarchici tipo-sottotipo che permettono di valutare la analogia tra due tipi diversi in termini di *grado di parentela* e i rapporti non gerarchici tipo-tipo che permettono di confrontare le liste di oggetti coi quali due diverse istanze sono correlate. Tali correlazioni permettono di definire algoritmi per la stima del grado di affinità tra collezioni di istanze diverse in modo piuttosto completo ed articolato. Da ciò scaturisce che la similarità tra due istanze è in rapporto diretto con la similarità dei concetti che rappresentano i loro tipi, con l'aggiunta di un fattore derivante dalla differenza delle loro rispettive caratteristiche.

Poiché i dati con cui il Sistema tratta corrispondono a casi (grafo di istanze), valutare la similarità tra il caso istruito dall'utente e i casi in archivio richiede ulteriori operazioni. L'algoritmo di valutazione della similarità viene iterato su tutte le coppie di istanze che costituiscono rispettivamente il grafo descrittivo del caso istruito e quella dell'n-esimo caso reperito nell'archivio. I risultati ottenuti sono filtrati per determinare quelli che rendono conto della massima similarità tra istanze riscontrata.

Il sistema è dotato inoltre di un programma di elaborazione digitale delle immagini appositamente sviluppato al fine di poter effettuare una sorta di simulazione degli interventi proposti dal sistema stesso sulle immagini relative ai casi presi in considerazione.

Il programma, oltre alle normali funzioni di trattamento delle immagi-

ni offre funzioni di editing sul colore, possiede alcune funzioni sviluppate appositamente per l'applicazione relativa ai beni culturali. In particolare sono presenti tre gruppi di funzionalità: la prima relativa alla geometria (zoom, cambio delle dimensioni, rotazione, deformazione, prospettiva, riflessione), la seconda relativa al filtraggio (simulazione della pulitura, integrazione della crepa, eliminazione dei disturbi e sfocatura, rilevazione dei contorni, filtraggio mediano vettoriale), la terza infine relativa alla statistica (istogrammazione, segmentazione, componenti principali, matrice di cooccorrenza).

In particolare risultano significative nel nostro contesto alcune delle funzionalità sopra elencate:

– *Prospettiva*: Deforma un'immagine secondo le trasformazioni prospettiche, simulando una rotazione del quadro prospettico: è possibile o raddrizzare un'immagine nella quale sia presente un rettangolo, oppure applicare ad un'immagine una deformazione prospettica arbitraria, scegliendo i quattro vertici del quadrilatero in cui si vuole che l'immagine venga deformata.

– *Simula pulitura*: Questa funzione permette di applicare ad un'immagine una trasformazione cromatica, simulando l'effetto di una alterazione dei colori. La funzione richiede in ingresso tre immagini a colori a 24 bit. La prima immagine contiene la zona che ha subito l'alterazione cromatica, la seconda contiene la stessa zona dopo l'alterazione, la terza è l'immagine a cui deve essere applicata la trasformazione. Se nella prima o nella seconda immagine è stata selezionata un'area rettangolare, viene assunto che l'alterazione sia avvenuta solo in quell'area: viene così determinata una trasformazione che porta i colori della prima immagine (o della zona selezionata) nei colori della seconda (o della zona corrispondente). La terza immagine può eventualmente coincidere con la prima; in ogni caso la trasformazione verrà applicata a questa immagine nella sua totalità, anche se fosse selezionata un'area. La trasformazione applicata può essere lineare o quadratica.

– *Integrazione crepa*: La funzione opera sull'immagine corrente, e richiede che in essa sia selezionata un'area. L'area selezionata, che può avere una qualsiasi delle forme disponibili, deve corrispondere alla porzione degradata di cui si vuole simulare il restauro. Per eseguire la simulazione del restauro occorre indicare la zona dell'immagine che deve essere presa come riferimento; in base ai dati estratti da questa zona verrà ricostruita la parte mancante. La zona di riferimento deve avere una forma rettangolare. Il procedimento di ricostruzione richiede infine due parametri, che sono in relazione con l'accuratezza della ricostruzione della tessitura; i valori dei parametri sono estremamente critici; per ottenere buoni risultati è spesso necessario fare alcuni tentativi, variando i loro valori; a seconda della tessitura, può essere necessario utilizzare un valore elevato per uno di essi, e piccolo per l'altro, oppure valori simili.

– *Segmentazione*: Divide l'immagine selezionata o le immagini selezionate in aree omogenee, o cluster. Il metodo di divisione in cluster può essere scelto fra

scelta automatica dei cluster oppure scelta dei cluster da aree di apprendimento.

– *Componenti principali:* Se si selezionano  $n$  immagini ( $n > 2$ ) viene calcolata una trasformazione ortogonale nello spazio  $n$ -dimensionale che rende diagonale la matrice di covarianza. In questo modo si ottengono  $n$  immagini, combinazioni lineari delle immagini selezionate, che sono tra loro statisticamente indipendenti. Per ogni immagine prodotta viene indicato il corrispondente autovalore nella matrice di covarianza.

– *Matrice di cooccorrenza:* Viene calcolata la matrice di cooccorrenza dell'immagine, secondo un vettore spostamento arbitrario, che deve essere inserito dall'utente. Il calcolo può essere effettuato sugli 8 bit dell'immagine (o di ciascuna banda per immagini a colori) oppure si può scegliere di utilizzare solo gli  $n$  bit più significativi.

### 3. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il sistema esperto è stato sviluppato in ambiente UNIX (X-WINDOWS) utilizzando come motore inferenziale il tool TIRS di IBM, risultando idoneo a fornire un supporto alle scelte di intervento, suggerendo gli strumenti, le modalità e le classi di prodotti da utilizzare.

Al fine di testare il prototipo sviluppato sono stati istanziati numerosi casi reali di interventi di restauro tratti in gran parte dalla letteratura, anche in collaborazione con gli uffici periferici del Ministero BBCC. I casi presi in considerazione riguardano principalmente edifici di interesse storico artistico o particolari di questi come anche singoli oggetti.

Da un punto di vista dei materiali costituenti sono stati presi in considerazione sia i litoidi naturali che artificiali nonché i metalli nobili e non, anche in lega.

Relativamente alle patologie di degrado dei materiali costituenti si è cercato di individuare una serie di casi sufficientemente rappresentativi delle situazioni più ricorrenti tenendo anche presenti le possibili differenti situazioni ambientali (interno/esterno, urbano/rurale, etc.)

In ultimo il sistema è stato implementato in modo tale che l'utente possa ampliare la base di conoscenza introducendo nuove regole o modificando quelle esistenti via via che si consolidano le procedure di intervento su basi tecnico scientifiche nella prassi del restauro; tutto questo con lo scopo di ottimizzare le tecniche di intervento in funzione delle compatibilità chimico-fisiche dei materiali e dei prodotti.

EMILIO MELLO

Syremont S.p.A., Novara

CLAUDIO ARIAS

Dipartimento di Scienze Archeologiche  
Università di Pisa

## BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. 1978, *Catalogo della mostra "I cavalli di S. Marco"*, Venezia.
- AA.VV. 1983, *La qualità della pietra. Indagine rilievo intervento conservativo per la facciata della Certosa di Milano*, Milano.
- AA.VV. 1984, *Dizionario di scienze della terra*, Milano.
- AA.VV. 1984, *Marco Aurelio. Mostra di cantiere. Le indagini in corso sul monumento*, Roma, ICR.
- AA.VV. 1985, *Chiostro delle Rane a Milano*, «Arte Lombarda», 72/1, Milano.
- AA.VV. 1988, *Conservation of metallic artistic and historic works. Glossary of terms*, First Edition, February, National Association of Corrosion Engineers (NACE), Houston.
- AA.VV., *La catalogazione architettonica. Metodologie e dizionari del progetto SIRIS*, Bologna, Istituto per i Beni Artistici Culturali e Naturali della Regione Emilia-Romagna.
- AA.VV. 1988, *La Nuova Enciclopedia delle Scienze*, Garzanti.
- AA.VV. 1989, *Le colonne di San Lorenzo – Storia e restauro di un monumento romano*, a cura di A. CERESA MORI, Modena, Ed. Panini.
- AA.VV. 1992, *Palazzo dei Giureconsulti a Milano – Relazione di restauro a cura della ditta Minerva Restauri*, Milano.
- ALESSANDRINI G., PERUZZI F., DI CAPITANI L. 1975, *Investigation on decay of Candoglia marble used in the Milan Duomo*, in *Atti del Convegno "The conservation of stone"*, Bologna, 137-167.
- ANDLEIGH K. 1992, *Introduzione all'architettura di sistema UNIX*, Prentice Hall International.
- Atti, *IIIº Congresso Internazionale Deterioramento e Conservazione della Pietra*, Venezia 24-27.10.1979.
- Atti, *Vº Congrès International sur l'Altération et la Conservation de la Pierre*, Lausanne 25-29.09.1985, vol. 1 et 2.
- AUBOUIN A., BROUSSE R. 1973, *Compendio di geologia. Litologia*, I, Milano.
- BARDELLI P.G., ZAMPICININI F. 1990, *Il recupero - Cura e manutenzione*, Ed. Be-Ma.
- BERDUCOU M.C. 1990, *La conservation en archéologie*, Ed. Masson.
- CALVINO F. 1967, *Litologia applicata*, Cedam.
- CAMMARATA S. 1987, *Sistemi Esperti - Teorie, metodi, strumenti tecnici*, Etas libri - Informatica.
- CANELLA G. 1984, *Prima indagine sulle strutture metalliche di Ponte Sisto a Roma*, Roma.
- CAPPELLINI V., MARCONI R. (eds.) 1985, *Advances in Image Processing and Patterns Recognition*, North-Holland.
- CAVAGNARO L., MATTEUCCI D. R., RAMELLINI G., SIGNORE O. 1988, *Strutturazione dei dati delle schede di catalogo: beni architettonici e ambientali*, Roma, ICCD-CNUCE.
- CHIOSTRI F., FURIOLLI B., PILATI D., SESTINI V. 1988, *Tecnologia dell'architettura*, Firenze.
- CNR-ICR 1984-1989, *Raccomandazioni NORMAL: Alterazione dei materiali lapidei e trattamenti conservativi*, Roma.
- COAD P., YOURDON E. 1992, *OOA - Analisi dei sistemi orientati agli oggetti*, Prentice Hall International, IIº Edizione.
- CONTICELLO B. et al. 1990, *Rediscovering Pompeii*, Ministero dei Beni Culturali e Ambientali, Soprintendenza Archeologica di Pompei - IBM.
- CURTIN B.N 1990, *Is conservation ready for Artificial Intelligence?*, «The Abbey News!», 14, 1-2.
- D'AMICO C., INNOCENTI F., SASSI F.P. 1987, *Magmatismo e metamorfismo*, Torino.

- D'AMICO C. 1989, *Le rocce metamorfiche*, Bologna.
- DESIO A. 1973, *Geologia applicata all'ingegneria*, Milano.
- DI PACE L., FABRONCINI F. 1990, *Tecnologia dell'apprendimento*, Franco Angeli.
- FEDERICI P.R., AXIANAS L. 1979, *Lineamenti di geografia generale*, Firenze.
- HART A. 1988, *Sistemi Esperti - Dall'ingegnere della conoscenza all'Intelligenza Artificiale*, Gruppo Editoriale Jackson.
- HUGGET J., BAKER K. 1985, *The computerised archaeologist: The development of Expert System*, «*Science and Archaeology*», 27, 3-7.
- IPPOLITO F. 1975, *Lezioni di geologia applicata*.
- IPPOLITO F. et al. 1975, *Geologia tecnica*.
- LAZZARI T.M., RICCI F.L. 1991, *I sistemi esperti*, NIS.
- LAZZARINI L., TABASSO LAURENZI M. 1986, *Il restauro della pietra*, Padova, Ed. Cedam.
- MARIS O. 1990, *Interventi finalizzati all'elaborazione di una carta conoscitiva aggiornabile della situazione di rischio dei Beni ambientali, architettonici, archeologici, artistici e storici (carta del rischio del patrimonio culturale)*, Documento di specifiche tecniche in relazione al programma proposto, Legge 19 aprile 1990 n. 84. ICR, Roma.
- MENICALI U. 1992, *I materiali dell'edilizia storica*, Roma.
- MEYER B. 1991, *La produzione del software object oriented*, Prentice Hall International.
- MICHALSKI R. 1983, *A theory and methodology of inductive learning*, in R.S. MICHALSKI, J.C. CARBONELL, T.M. MITCHELL, *Machine Learning*, vol. I, Tioga Publishing Company.
- MICHALSKI R., CARBONELL J.C., MITCHELL T.M. 1983, *Machine Learning*, vol. I, Tioga Publishing Company.
- MICHIE D. 1986, *Machine learning and knowledge acquisition*, in D. MICHIE, I. BRATKO (eds.), *Expert Systems: Automating Knowledge Acquisition*, Addison-Wesley.
- MITCHELL T.M. 1982, *Generalization as search*, «*Artificial intelligence*», 18.
- NEGRETTI G., DI SABATINO G. 1983, *Corso di petrografia*, Roma, C.I.S.U.
- ORGAN R.M. 1989, *A survey of current treatments: a contribution towards a knowledge base for a computer's expert system*, in *International Restorer Seminar*, Veszprém, Hungary 1-10 july.
- PAPALDO S., RUGGERI M., GAGLIARDI R., MATTEUCCI D.R., ROMANO G., SIGNORE O. 1988, *Strutturazione dei dati delle schede di catalogo. Beni mobili archeologici e storico artistici*, Roma.
- PARISE-BADONI F., RUGGERI M. 1988, *Strutturazione dei dati delle schede di catalogo. Beni archeologici immobili e territoriali*, Roma.
- PEVSNER N., FLEMING J., HONOUR H. 1981, *Dizionario di architettura*, Torino.
- PLENDERLEITH H.J., WERNER A.E.A. 1986, *Il restauro e la conservazione degli oggetti d'arte e d'antiquariato*, Milano, Ed. Mursia.
- QUINLAN J.R. 1983, *Learning efficient classification procedures and their application to chess end games*, in R.S. MICHALSKI, J.C. CARBONELL, T.M. MITCHELL, *Machine Learning*, vol. I, Tioga Publishing Company.
- RAHTZ S.P.Q. (ed.) 1988, *Computer and Quantitative Methods in Archaeology*, Oxford, BAR International Series.
- RAVAZZINI G. 1982, *Dizionario di architettura*, Milano.
- RICCI-LUCCHI F. 1980, *Sedimentologia*, Vol. 1-3, Bologna, C.L.U.E.B.
- ROLSTON D.W. 1991, *Sistemi esperti - Teoria e sviluppo*, McGraw-Hill libri, Italia.
- STUTT A. 1988, *Second generation Expert Systems, explanations, arguments and archaeology*, in S.P.Q. RAHTZ (ed.), *Computer and Quantitative Methods in Archaeology*.
- ULLMAN J.D. 1991, *Basi di dati e basi di conoscenza*, Gruppo Editoriale Jackson.
- VECCIA A., *Geologia generale ed applicata all'ingegneria civile*.

- VITALI V. 1988, *An expert system for the provenance determination of archeological ceramics based on I.N.A.A. data*, in S.P.Q. RAHTZ (ed.), *Computer and Quantitative Methods in Archaeology*.
- VUILLEMIN A. 1987, *Informatique et traitement de l'information en lettres et sciences humaines*, Masson.
- WIENER R.S., PINSON L.J. 1990, *OOP in C++*, *Tecniche di programmazione*, Addison-Wesley Publishing Company.
- WILCOCK J. 1986, *A review of expert system their shortcomings and possible applications in archaeology*, «Comp. Appl. Arch.», 13, 139-144.

#### ABSTRACT

The computer system SEMPRE (Sistema Esperto Montedison per il Restauro) was carried out as a support for the conservation of cultural heritage metal and stone objects. By two basic functions it may give information about the techniques and the products to be employed and may retrieve related examples in reference archives. The user can represent and save his knowledge of the case within the system by these two functions.

## SIMULAZIONE E/O SEDUZIONE (LA RAPPRESENTAZIONE MEDIANTE MODELLI DI REPERTI, RELITTI, OGGETTI ED ALTRO)

### 1. PREMESSA

Il panorama italiano del restauro dei relitti di imbarcazioni antiche appare essere, ancor'oggi, ridotto a poche, sporadiche, spontaneistiche (se non addirittura dilettantistiche) attività di recupero e trattamento conservativo.

Pochi, invero, e quasi sempre interrotti prima del loro compimento, sono stati i tentativi di intraprendere il restauro di una imbarcazione antica in quanto parte di un più complesso ed articolato progetto di musealizzazione del reperto. Si riscontra sempre, al contrario, una progettazione parziale dell'intervento, una attenzione ai problemi conservativi più immediati del manufatto; solo in rarissimi casi si ipotizza una musealizzazione del reperto nelle condizioni ambientali più idonee alla sua futura conservazione e del tutto rispettosa della procedura di restauro seguita. Ancor più raro, poi, è il caso di strutture di esposizione opportunamente progettate: piuttosto che pensare alla progettazione di supporti favorevoli alla conservazione del manufatto (MEUCCI 1993) in alcuni casi si privilegia l'aspetto estetico, in altri (e sono quelli più frequenti) si incentra l'attenzione a ricostruzioni ideali della nave, al limite della realtà virtuale.

Proprio in questo vuoto di operatività si inserisce il presente contributo, da intendersi come sintesi di una esperienza decennale realizzata su vari fronti, ma sempre nell'intento di pervenire ad una procedura correttamente conservativa che possa consentire di attuare interventi (quasi) normalizzati per il restauro di relitti di antiche imbarcazioni.

Si tratta, in particolare, dell'uso dei modelli matematici iconograficamente fondati, nel nostro caso utilizzati per la rappresentazione di manufatti lignei complessi di interesse archeologico: sfruttando la scomposizione in unità volumetriche elementari di un relitto di imbarcazione antica si può, difatti, giungere alla sua interpretazione a fini conservativi.

### 2. LIVELLI DELLA MODELLAZIONE

Mediante l'uso di un modello matematico si può esprimere una rappresentazione *formale* di un oggetto qualsiasi: tale rappresentazione viene espressa in linguaggio numerico e non è determinata automaticamente dall'oggetto fisico studiato; essa esprime, piuttosto, conoscenze ed idee relative al fenomeno che, mediante modelli, viene così *interpretato* (SARTOR 1989; GOTTA-RELLI 1995).

Il modello geometrico (una tra le forme di rappresentazione) è sottinsieme del modello dell'oggetto. Solo l'oggetto stesso contiene, ovviamente, la totalità dei dati necessari per definire ciascuna particolare classe di problemi e per discernere ciascuna delle diverse forme di rappresentazione.

La modellazione (nelle sue varie modalità) deve partire da un problema impostato in maniera appropriata poiché l'utilità dei modelli matematici ha portata limitata allo specifico campo di applicazione: un problema nuovo spesso richiede un nuovo modello ovvero la necessità di porre sotto osservazioni variabili in precedenza non rilevate.

In generale un modello è un oggetto costruito artificialmente per semplificare l'osservazione di un altro oggetto. Non si tenta, perciò, di modellare le reali proprietà fisiche delle cose, ma di rappresentare oggetti ideali così da analizzare le loro proprietà ideali. Questo permette di raccogliere informazioni sugli oggetti reali.

È metodologicamente necessaria una chiara visione dei livelli (Fig. 1) in cui si articola la modellazione (MANTYLA 1990):

- *livello degli oggetti fisici*: tramite i modelli il nostro scopo è discutere e capire alcuni aspetti reali del mondo reale tridimensionale. L'oggetto fisico è, in questo caso, il modello del modello;
- *livello degli oggetti matematici*: per poter sperare di modellare oggetti in un elaboratore dobbiamo adottare una opportuna idealizzazione degli oggetti fisici reali tridimensionali. Questi oggetti dovrebbero avere una connessione intuitivamente chiara con il mondo reale e contemporaneamente essere geometricamente e dimensionalmente univocamente determinati e privi di ambiguità;
- *livello delle rappresentazioni*: dopo avere stabilito in modo rigoroso la classe degli oggetti matematici a cui siamo interessati il passo successivo è assegnare all'oggetto matematico una tecnica di rappresentazione appropriata agli scopi del trattamento digitale.

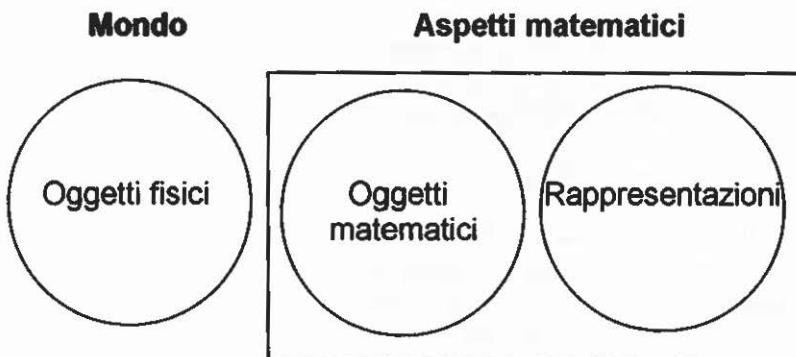


Fig. 1 – La visione a tre livelli della modellazione (tratto da MANTYLA 1990)

Lasciata da parte la immaginifica terminologia della tecnologia della computazione, il principale oggetto delle nostre sperimentazioni sono stati alcuni reperti lignei di provenienza archeologica per i quali necessitava elaborare un progetto di restauro e musealizzazione.

### 3. PRIMITIVE DI BASE: IL MODELLO PIANO

La effettiva applicabilità del modello del solido prescrive accuratezza e completezza nella creazione del modello grafico bidimensionale. Il singolo punto nello spazio è il più semplice oggetto che dobbiamo essere in grado di rappresentare. Per indicarne la posizione nello spazio è stato usato il sistema tridimensionale di coordinate cartesiane  $x$ ,  $y$ ,  $z$ .

Ciò, nel caso dei lavori di conservazione del relitto di Valle Ponti in Comacchio, ha permesso di potere utilizzare i file dei punti rilevati mediante stazione topografica integrata Leica dallo *Studio Tecnico Massimo Sabatini* di Roma. Il rilievo strumentale dei punti era stato eseguito per controllo e supporto della correttezza topografica del rilievo manuale. L'esportazione verso l'ambiente CAD è avvenuta previa conversione dei files in formato DXF.

Ma difficilmente, se non per situazioni di nuovo intervento, in cui l'intervento dei vari rilevatori è unitariamente programmabile, si può disporre o predisporre di rilievo grafico espresso già completamente in formato digitale. Per lo più si hanno a disposizione, invece, restituzioni cartacee di rilievi già eseguiti (Tav. XXXV, a).

È questo il caso della ricostruzione dell'imbarcazione arabo normanna di lido Signorino a Marsala (BUZZANCA, MEUCCI 1993). Per poter digitalizzare e manipolare il rilievo, in questo come in casi a questo analoghi, si è imposta la scelta, confermata dalle pre-esistenti disponibilità hardware e software, del file raster importabile in programma CAD mediante visualizzatore ibrido raster/vector.

Questa è la successione delle fasi d'intervento. La prima fase corrisponde alla decomposizione del modello: smontaggio ed individuazione dei blocchi e delle unità minime (bi e tridimensionali). La elaborazione della base grafica (ovvero il modello 2D dell'oggetto) è stata eseguita a partire da un rilievo acquisito con tecniche tradizionali.

La prima tavola dell'elaborato grafico originale riportava la pianta del relitto eseguito in scala 1:10 e completo di caratterizzazione dei materiali. Un secondo gruppo di tavole conteneva tutte le 40 sezioni trasversali del relitto. A parte erano state rilevati tutti i madieri e gli staminali, rappresentati tutti mediante il profilo ed una sezione eseguita in un punto ritenuto caratteristico.

Gli elaborati grafici di rilievo sono stati sottoposti a scansione con scanner formato UNI-A0 salvati in file raster nel formato RLC e visualizzati, come detto, in ambiente AutoCAD mediante l'utilizzo del software CAD-Overlay (il visualizzatore ibrido raster/vector adottato).

Questo software consente la visualizzazione e la manipolazione di immagini raster e le pone in uno pseudo-piano non gestibile dal software CAD perché allocato nella memoria video e quindi per questo assolutamente trasparente.

La vettorializzazione del rilevo è stata condotta mediante ritracciatura manuale del disegno raster utilizzando esclusivamente entità geometriche elementari bidimensionali; ciascuno degli elementi strutturalmente autonomi, ricostruito nel suo svolgersi spaziale, è stato così delimitato e circoscritto mediante polilinee.

Terminata la fase di ritracciatura le tavole digitalmente rilucidate sono state trasportate in un unico file. Mediante traslazioni nello spazio e operazioni di rotazione eseguite sulle singole sezioni quotate e sulle piante si è generata la griglia 3D di riferimento e di controllo.

I soli corsi di fasciame sono stati suddivisi in più elementi, con l'interfaccia di contatto posta in corrispondenza delle singole sezioni rilevate, stante la difficoltà di tracciare curve complesse nello spazio tridimensionale e sempre nell'ottica di operare una semplificazione e razionalizzazione del calcolo.

Non si è proceduto a vettorializzazioni automatiche per l'elevato numero di parametri e la oggettiva complicazione del rilievo di base ove l'intersecarsi di linee avrebbe comportato disturbi alla corretta interpretazione del tratto grafico.

All'interno del software di editazione raster il disegno è stato fatto oggetto di trasformazioni di scala portandolo in scala reale (assunta unità di disegno uguale a 1 cm) in modo che le dimensioni rappresentate risultassero uguali alle dimensioni reali dell'oggetto espresse in centimetri.

Il segno grafico portato a dimensioni reali è stato misurato dello spessore intorno al centimetro, con una oscillazione di più o meno di 4/10 di centimetro. L'oscillazione è dovuta alla intercettazione del segno grafico dell'elaborato cartaceo da parte dello scanner, utilizzato con una sensibilità pari a 300 Ppp.

Nelle operazioni di rilucidatura del rilievo i segmenti delle polilinee sono stati fatti passare sempre all'interno del segno grafico scansionato, lungo la mezzeria del segno stesso. In questo modo sono state annullate, o per lo meno ridotte, le imprecisioni della scansione.

Alla scala della rappresentazione originaria del rilievo (1:10) l'errore di graficismo (che rientra in un campo valutabile intorno ai 2 decimi di millimetro) corrisponde ad uno scarto dimensionale valutabile, nel reale, di 4 mm in più o in meno.

La conosciuta indifferenza al rapporto di scala del segno grafico del CAD permette così di operare con una precisione teorica maggiore di quella insita nell'accuratezza del rilievo, nell'incertezza intrinseca dello stesso oggetto da misurare, nella precisione della restituzione (errori di graficismo), e, da ultimo, nell'affidabilità e precisione della scansione (effetto di stretching per il trascinamento del foglio sul rullo dello scanner).

La stima dell'incertezza conseguita sulla base dei risultati ottenuti è, così, inferiore, o al massimo uguale all'incertezza programmata

Il modello 2D semplificato così ottenuto consente di operare aggiustamenti e controlli a due livelli. Da una parte, infatti, si ha la possibilità di eseguire correzioni, modifiche, integrazioni in tempo reale allorquando il modello stesso venisse utilizzato sul campo nel corso della campagna di intervento, d'altra parte si può estrapolare il singolo elemento dall'insieme e simulare su di esso gli effetti di ipotesi interpretative e/o ricostruttive elaborate in fase di studio

#### 4. PROCEDURE DI MODELLAZIONE: MODELLAZIONE BASATA SUI SOLIDI

Il passaggio dalle rappresentazioni bidimensionali sui tre piani coordinati alla rappresentazione tridimensionale è stato realizzato mediante operazioni booleane di intersezione, unione e sottrazione delle estrusioni (proiezioni di una superficie lungo un asse) ottenute dalle singole geometrie bidimensionali (pianta, prospetto, sezioni) nella terza dimensione. La risultante della somma geometrica dei volumi descrive l'ingombro spaziale del singolo elemento rappresentato nei tre piani coordinati dalle geometrie piane.

Lo strumento per la esecuzione della modellazione è il modulo Advanced Modeling Extension (AME) modulo avanzato del software AutoCAD a partire dalla versione 11.

AME è un modellatore ibrido basato su PADL (Parts and Assembly Description Language) linguaggio di programmazione messo a punto alla fine degli anni Settanta (REQUICHA, VOELCKER 1977). La tecnica di modellazione utilizzata dal modellatore è quella della Constructive Solid Geometry (C.S.G.), per la definizione del solido e quella della Boundary Representation (B-rep) per la visualizzazione del solido.

Ogni solido sviluppato con il modulo AME contiene quindi i due tipi di informazione:

- struttura e dimensioni nel caso della CSG;
- limiti del solido o valutazione incrementale della frontiera.

La CSG adotta l'approccio a "blocchi costruttivi" per modellare solidi. Il solido risultante può essere rappresentato mediante un albero CSG (Fig. 2) costituito da primitive (punti, linee), operazioni insiemistiche (unione, intersezione, differenza) e movimenti rigidi (traslazione e rotazione) (Tav. XXXV, b).

#### 5. PROCEDURE DI CALCOLO SUI MODELLI SOLIDI

Ciascuno degli elementi del modello composto così ottenuto è stato memorizzato in un file autonomo per essere oggetto di valutazione delle proprietà geometriche e di massa mediante un software progettato per questa applicazione specifica.

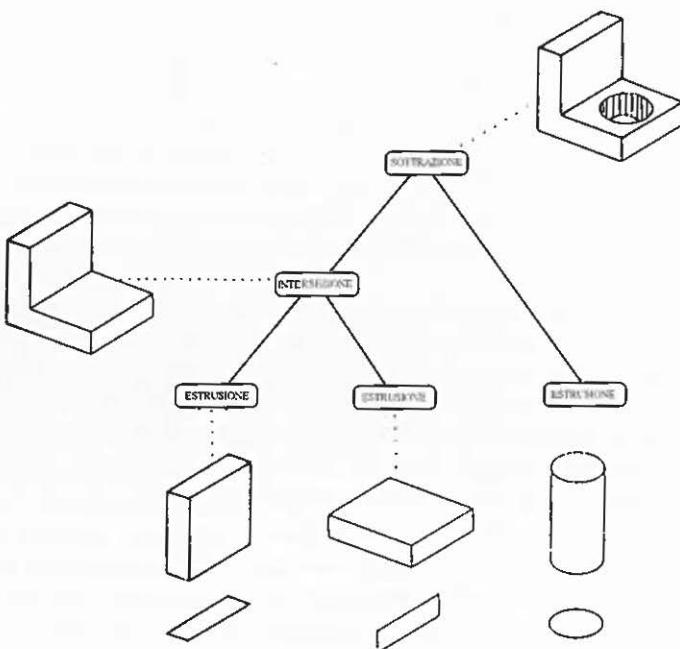


Fig. 2 – L'albero della Constructive Solid Geometry (MANTYLA 1990).

Con questo programma, dopo le opportune verifiche dei dati, il singolo elemento viene automaticamente sezionato e ne vengono calcolate tutte le caratteristiche geometriche necessarie per la successiva fase di calcolo strutturale.

Questa fase, per quanto ripetitiva e necessariamente poco attraente dal punto di vista della soddisfazione nel lavoro, è fondamentale in quanto consente di individuare i punti di maggiore sollecitazione dei singoli elementi del modello semplificato e di collegarli immediatamente al modello reale. Si viene, così, a costituire in questa fase il primo nucleo del modello matematico ad elementi determinati e finiti su cui sarà, successivamente, possibile realizzare le simulazioni necessarie alla corretta verifica di processo.

## 6. PROCEDURE DI MODELLAZIONE: MODELLAZIONE BASATA SULLE SUPERFICI

Parallelamente, su un'ipotesi di costruzione teorica dell'imbarcazione si è sviluppata una resa realistica dell'originale facendo ricorso ad un modellatore di superfici ed a tecniche di rendering. Il modello realistico così ottenuto rappresenta il riferimento teorico nel quale inserire il modello tridimensionale dell'esistente al fine di visualizzare, dimensionare e verificare le

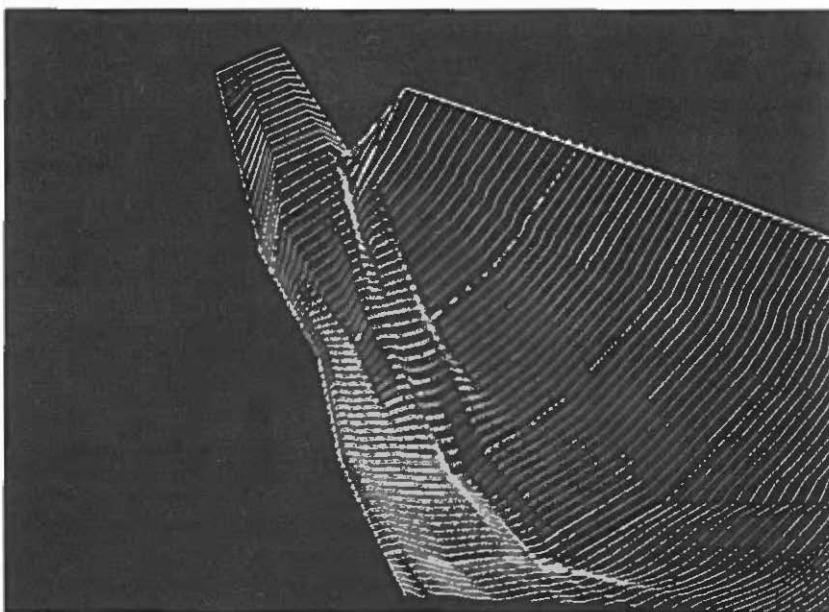


Fig. 3 – L'insieme delle sezioni trasversali chiuse sui bordi esterni (insieme dei punti estremi delle sezioni) definisce la superficie del manufatto. Particolare di poppa di imbarcazione.

strutture di supporto necessarie ad una esposizione museale secondo corretti criteri conservativi.

Si tratta, cioè, di eseguire un controllo immediato su larga scala delle sollecitazioni dell'insieme degli elementi determinati e finiti considerati non più come entità singole, ma piuttosto nella loro continuità.

Particolarmente utile risulta un controllo allorquando si esegue la congiunzione degli elementi volumetrici costituenti il singolo asse di fasciame, normalmente suddiviso in n elementi delimitati dall'interesse dei madieri successivi.

È ovvio che le proprietà del singolo elemento non rappresentano quelle dell'insieme degli n elementi di un singolo asse di fasciame, ma è anche vero che la congiunzione degli elementi comporta una variazione della distribuzione dei punti di applicazione delle sollecitazioni meccaniche.

La seconda fase del lavoro ha visto l'adozione di AutoSurf come modellatore di superfici. AutoSurf utilizza una tecnologia integrata di wireframe e Nurbs (Non Uniform Rational b-splines) che offre la possibilità di descrivere superfici complesse continue. Questo software risulta estremamente efficace nella descrizione di gusci di imbarcazioni (Fig. 3).

Non sono state compiute operazioni di smoothing delle polilinee cosicché i punti di controllo coincidessero con le polilinee generatrici. Questo ha

generato una rappresentazione "scalettata" ma priva di interpolazioni o interpretazioni della polilinea di base frutto a sua volta di una discretizzazione del reale.

Dobbiamo far uso di mezzi di calcolo che ci consentono di impostare con assoluto rigore primitive nello spazio, nel rispetto dello svolgersi del reale nello spazio. Introdurre un doppio livello di interpretazione avrebbe voluto dire aumentare il grado di approssimazione del modello.

Molti, a dire il vero sono travolti dagli aspetti più appariscenti ed emozionali della modellazione tridimensionale superficiale che, come in un gigantesco luna park, può divenire l'obiettivo finale della modellazione. Altri preferiscono una rappresentazione più attinente alla realtà vera dell'oggetto e pongono così l'esteriore in secondo piano.

Noi riteniamo più utile, perlomeno in questa fase dello studio, avere disponibile un'immagine schematica che consenta di individuare in modo univoco il singolo elemento oggetto di studio e/o di controllo: solo così, infatti, è possibile imporre al modello tutte quelle variazioni dei parametri significativi atte a dimensionare esattamente le strutture di supporto e di esposizione di uno scafo antico.

## 7. LE RISORSE HARDWARE E SOFTWARE

Per quanto concerne la dotazione hardware e software queste ne sono le caratteristiche salienti: CPU DX 486 a 50 Mhz, HD da 650Mb, 16 Mb di Ram e scheda video TIGA Diamond, (processore Texas Instrument TMS34020) dotata di 6 Mb di Ram per le funzioni grafiche.

È probabilmente necessario operare con maggiore disponibilità di Ram della CPU poiché la memoria virtuale allocata per il programma, a causa della "pesantezza" dei disegni è stata spesso superiore, anche di molto, ai 16 Mb della Ram: le elaborazioni eseguite con AutoSurf sono arrivate ad impegnare una Ram virtuale superiore ai 22 Mb.

Oltre il limite fisico della Ram le operazioni di scrittura dei files temporanei contenenti le elaborazioni grafiche avvengono sul disco rigido con conseguente drastico rallentamento dei tempi di elaborazione.

I software utilizzati sono i seguenti:

- per la digitalizzazione del rilievo è stato adottato il software CAD Overlay (Image System inc.), versione ESP.
- per la restituzione e l'elaborazione delle primitive grafiche l'ambiente CAD è stato AutoCAD (Autodesk inc.) release 12 completo del modulo AME 2.1.
- per le procedure di calcolo sui singoli elementi del modello solido si è fatto uso del software applicativo Nave progettato per l'occasione da M.L. Tummolo.
- per la modellazione delle superfici è stato utilizzato il software AutoSurf (Autodesk inc.)

## 8. CONCLUSIONI

La nostra ricerca vuole verificare la possibilità dell'uso degli strumenti dell'analisi matematica condotta con il metodo degli elementi finiti su modelli restituiti graficamente con elevata verosimiglianza.

Il nostro è stato un tentativo di ricostruire, mediante elaboratore, modelli verosimili di oggetti veri senza ricadere nelle logiche settoriali della pura modellazione o/e della pura ricerca matematica. Le procedure seguite sono derivate da precise esigenze progettuali, dalle particolari soluzioni tecniche disponibili nonché dai vincoli imposti dalle risorse utilizzabili.

Occorre fare uso di quei mezzi di calcolo che consentano di descrivere correttamente, nello spazio, le geometrie elementari pur rimanendo nel rigoroso rispetto dello svolgersi del reale in quello stesso spazio. È attraverso la modellazione di superfici che si propone, con intento analitico/progettuale, uno strumento di simulazione progettuale che supera una prassi pigra e sostanzialmente mono-mediale legata agli stilemi della tradizione delle immagini suadenti e ricche solo di suggestioni e perizia calligrafica.

È così che l'uso dell'informatica non si esaurisce in una semplice spruzzata di modernità sulle tecniche tradizionali, che già per loro conto hanno un livello di maturità eccellente e non necessitano di alcuna rifondazione metodologica ma si traduce in proficuo supporto di progettazione.

COSTANTINO MEUCCI, GIANCARLO BUZZANCA  
Sezione Conservazione Materiali Archeologici Subacquei  
Istituto Centrale per il Restauro (ICR), Roma

## RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia Mario Luigi Tummolo che, nell'ambito di una consulenza sui problemi strutturali legati alla musealizzazione di relitti di imbarcazioni lignee, ha scritto appositamente per questa ricerca una routine (utilizzando i linguaggi C e Lisp) per la analisi statica delle unità elementari dei solidi realizzati.

## BIBLIOGRAFIA

- BUZZANCA G. MEUCCI C. 1993, *Le navi virtuali*, in *Atti Convegno Aicographics '93*, Milano, Mondadori informatica, 77-83.
- GOTTARELLI A. 1995, *La modellazione tridimensionale del documento archeologico: livelli descrittivi e processamento digitale*, «Archeologia e Calcolatori», 5, 75-103.
- MANTYLA M. 1990, *Introduzione alla modellazione di solidi*, Milano, Franco Angeli.
- MEUCCI C. 1993, *Relitti subacquei e conservazione. Dallo scavo al progetto di restauro*, in L. MASELLI BITETTI (ed.), *Archeologia. Recupero e Conservazione*, Firenze, 51-73.
- REQUICHA A.A.G., VOELCKER H.B. 1977, *Constructive Solid Geometry*, «Tech. Memo», 25, Production Automation Project, University of Rochester.
- SARTOR A 1989, *Un esempio di anastilosi con l'uso di strumenti informatici. La ricostruzione dei finestroni del Portale Vignolesco al Foro Romano*, Quaderni del Dipartimento di Rappresentazione e Rilievo, 4, 21-28.

## ABSTRACT

By using a mathematical model it is possible to express a formal representation of any object: such a representation is expressed in numerical language and is not automatically influenced by the physical object under study; rather it expresses "knowledge and ideas" relative to the phenomenon that, by means of models, is "interpreted" in this way. In general a model is an object that is constructed artificially in order to simplify the observation of another object. The intention is not to modify the actual physical properties of the things, but rather to represent ideal objects so as to be able to analyse their ideal properties. This allows the collection of information concerning real objects.

Our research intends to verify the possibility of the use of mathematical analysis conducted using the method of reconstruction of finished elements on models that are reproduced with increased accuracy; the objects of this modelling have been archaeological shipwrecks. We have attempted to reconstruct, by means of data elaboration systems, realistic models of real objects without relapsing into specific logistics of pure modelling and/or pure mathematical research. The procedures that we followed derived from precise projectual needs, from the particular technical solutions available notwithstanding the restrictions imposed by the usable resources.

It is necessary to use these calculation methods since they allow us to describe correctly, three dimensionally, the elementary geometry of the object while respecting rigorously the presence of the real one in the same space. In this way the use of information techniques is not reduced to a mere touch of modernity on the traditional techniques but becomes a meaningful support to the design procedure. This presentation shows some concrete examples and some lines of research that are presently being followed.