



Antonio Guerci, Stefania Consigliere, Simone Castagno (a cura di)
Il processo di umanizzazione
 Atti del XVI Congresso degli Antropologi Italiani (Genova, 29-31 ottobre 2005)
 Edicolors Publishing, Milano 2006, p. 641-650

L'uomo nello spazio: ricerche di adattabilità. La progettazione del benessere nella postura, prossemica e nel colore

MASALI Melchiorre¹, FERRINO Marinella², SCHLACHT Irene³

(1) Università di Torino

(2) Alcatel Alenia Space Italia

(3) Politecnico di Milano

parole chiave:

Nella progettazione spaziale, il concetto di abitabilità, human centered design, benessere, sono stati fino ad oggi elementi marginali del contesto di missioni umane di breve durata, considerando le prospettive di missioni su Marte con una durata dai 1 ai 3 anni, questi concetti diventano fondamentali, per la sussistenza, sopravvivenza e affidabilità dell'astronauta.

In questa prospettiva si inserisce l'Antropologia Spaziale, che indaga elementi di adattabilità, postura, prossemica dei soggetti in ambiente confinato spaziale microgravitazionale, al fine di rendere possibile una progettazione incentrata sul benessere per potenziare il rendimento e l'abitabilità di missioni spaziali ed i possibili futuri insediamenti.

keywords:

In Outer Space design, the concept of habitability, human centered design, well-being, have been so far marginal elements from the standpoint of human short duration missions, considered the perspective of Mars missions with a duration from 1 to 3 years, these concepts become fundamental, for the well-being, survival and reliability of the astronauts.

In this perspective we may propose the Space Anthropology, that investigates the of adaptability, postural, and prossemics factors of Humans in confined Space micro gravitational environment, aimed to make possible a design centered on well-being to enhance the efficiency and the habitability of space missions and future settlements.

Figura 1

Una reinterpretazione "spaziale" del logo del Congresso.



Missioni Spaziali Umane

Figura 2

Gli astronauti della ISS attorno al tavolo in posizione apparentemente "normale" solo il soggetto "lievitante" definisce la condizione 0g e i complicati problemi d'interazione prossemica.



Oggi la Stazione Spaziale Internazionale (ISS), orbita intorno alla terra creando la possibilità di realizzare esperimenti in microgravità, studi della superficie terrestre, esplorazione spaziale. Il contributo di questohabitat alle scoperte fisiche, scientifiche, chimiche, biologiche, mediche, ecc. è chiarificatore della gran quantità di tempo, fondi e risorse umane impiegati per la sua realizzazione.

Iniziata nel 1998 dall'ESA per opera di: USA, Europa, Russia, Canada, Giappone, l'ISS è composta di moduli abitativi (realizzati in maggioranza Alenia Spazio ora Alcatel Alenia Space, di Torino) e pannelli solari e il nostro gruppo di lavoro ha avuto l'eccezionale opportunità di fornire un sia pur modestissimo, contributo allo studio dei progetti ad essa collegati (Masali e Ferrino, 2005, Lombard *et al.* 1999, 2001 Burzio *et al.* 2003).

Gli astronauti presenti nell'ISS, sono ingegneri, scienziati, medici, sottoposti a lunghi allenamenti fisici e mentali, al fine di poter lavorare in condizioni estreme.

Dal punto di vista della tutela "sindacale", sono considerati come categoria di lavoratori soggetti a radiazioni, che subiscono gravi effetti psico-fisici causati dall'adattamento del corpo allo spazio confinato microgravitazionale. Alcuni di questi effetti sono claustrofobia, nausea, disorientamento, allungamento della colonna vertebrale, modificazione della distribuzione dei liquidi, della disposizione e dimensioni degli organi, decalcificazione, diminuzione della massa muscolare.

Oggi, considerando permanenze nello spazio di 1-15 settimane, questi sintomi, a parte quelli causati dalle radiazioni e della decalcificazione ossea, regrediscono nelle prime settimane al rientro sulla Terra.

Abitabilità

Fig. 3

Interni dell'ISS



Gli habitat spaziali sono stati creati finora secondo una filosofia incentrata nella sperimentazione e nella sopravvivenza fisica, senza affrontare concetti d'abitabilità, efficienza e benessere. Questi elementi sono, infatti, marginali del contesto di missioni umane di breve durata, dove un soggetto è semplicemente sostituito, in caso di problemi psicologici o fisici, anche utilizzando un veicolo spaziale di soccorso, come la capsula Sojuz.

Considerando le prospettive di ripresa dell'esplorazione lunare o di missioni umane verso Marte o i suoi satelliti (Phobos) con una durata da uno a tre anni, questi concetti diventano fondamentali, per la sussistenza, sopravvivenza e affidabilità dell'astronauta, che trovandosi in confinamento spaziale, temporale e dimensionale dovrà poter far fronte, senza aiuto esterno che non sia telematico, ad ogni problema psicologico, biologico e fisico sopravvenuto.

Nel contesto delle missioni di lunga durata, diventano quindi fondamentali nuove discipline che convergono verso filosofie note come "Human Centred Design", "Extreme Design", "Space Architecture", che si affiancano alle Scienze tecnologiche, progettuali e bio-mediche che da sempre interagiscono con le attività spaziali.

In questa prospettiva assume un contorno definito un'Antropologia Spaziale, che, dalle conoscenze morfologiche, evolutive e antropometriche che sono il patrimonio basilare dell'Antropologia fisica, ma sviluppando anche gli aspetti cognitivi mediati soprattutto dalla riflessione ergonomica, indagherà gli elementi ed i requisiti d'adattabilità delle persone che abbiano scelto una lunga permanenza in ambienti confinati, di cui quello spaziale microgravitazionale costituisce l'estremo paradigmatico. Ciò al fine di rendere possibile una progettazione incentrata sull'Uomo, per potenziare e l'abitabilità di missioni spaziali ed i possibili futuri insediamenti, ma anche il rendimento lavorativo e intellettuale, considerandone i costi. astronomici.

Un primo approccio (Ferrino e Gaia, 2002) è stato quello di considerare la Stazione spaziale come una sorta di laboratorio-ufficio-abitazione che riunisce aspetti culturali, sociali, etnici valutati per determinare un progetto architettonico vitale per lo spazio di lavoro dell'equipaggio affrontando una sperimentazione in Realtà Virtuale (VR) fondata su due principi:

" *Object Oriented* " basato su video-elementi, offre adattabili e flessibili soluzioni al progetto che considera soprattutto come prevalente la struttura dell'ambiente.

" *Subject Oriented* " basato su un ambiente virtuale-reale che considera prevalente la percezione umana dell'ambiente e le sue relazioni d'interfaccia.

Lo scopo di tale lavoro era stato quello di coinvolgere aspetti del benessere umano considerando situazioni variabili come il tenore di vita, l'estetica ambientale, i comportamenti all'interno del gruppo come pure l'uso dello spazio e del tempo come indicato da Hall nelle sue storiche pubblicazioni e sviluppato in seguito in modo specifico da Pregnolato Rotta Loria (1983, 1998)

Il comportamento dell'equipaggio e la costretta abitabilità in relazione all'ambiente spaziale, offre punti di vista psicologici, fisiologici e antropologici che devono essere presi in considerazione nel progetto architettonico per prendere parte al lavoro nelle missioni spaziali a lungo termine.

Nonostante i recenti studi, si avverte l'esigenza di migliorare e approfondire la metodologia. Il lavoro si era concentrato sull'esperienza nel progetto di un Modulo Abitativo. I vecchi equipaggi spaziali erano formati da pochi membri che rimanevano in orbita spaziale per brevi periodi di tempo. Oggi e ancor più in futuro invece, gli equipaggi sono formati da più membri che rimarranno in orbita per lunghi periodi di tempo e gli obiettivi sono quelli di creare un "appartamento orbitale" dove gli astronauti possano lavorare e condurre varie attività all'interno di un ambiente sicuro, consumare pasti, dormire.

Le principali funzioni del modulo abitativo saranno compiute da sistemi chiamati *Equipment Elements*. Precisamente: *Crew Quarters (CQ)* dove sono previste stanze separate; ognuna delle quali deve fornire all'astronauta il livello d'isolamento acustico appropriato, d'illuminazione e d'ossigenazione, oltre che udire bene il segnale d'allarme in caso d'emergenza (in particolare sistemi per identificare fumo e fuoco). Inoltre la stanza dovrà fornire protezione dagli effetti delle radiazioni spaziali; *Wardroom (WR)*: zona della stazione dedicata allo svago e al tempo libero degli astronauti) un'area dove è presente un tavolo mobile per sette persone che serve sia per consumare i pasti sia per effettuare audio e video comunicazioni. Il concetto di "tavolo" deve, in effetti, essere rivisto perché si tratta di un oggetto strettamente "gravitazionale" che intercetta l'orbita d'oggetti in caduta libera, mentre nello spazio tavolo e oggetti sono "insieme in orbita" e pertanto non possono essere "appoggiati".

Oltre agli elementi sopra citati, il modulo abitativo fornirà dispensa, acqua potabile e materiale sanitario.

Nello studio di progettazione si è anche considerato uno *Space Use Model* basato su elementi e dati quantitativi e qualitativi necessari per definire la vicinanza umana, l'interazione e il comportamento. La relazione tra la postura effettiva e la simulazione digitale del manichino erano necessari per ottenere valori quantitativi (angoli, distanze e orientamento) partendo da valori qualitativi (comportamento e integrazione).

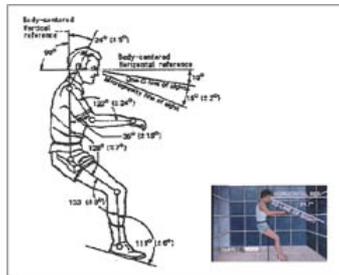
Un modello è stato applicato al progetto *WR* (tavolo) basato su interazioni comportamentali visive usando codici di comunicazione di gruppo e disposizioni spaziali correlati alle necessità degli astronauti per ottenere privacy e socializzazione.

La base modulare permette all'utilizzatore di personalizzare il suo "ambiente" secondo le proprie necessità e lo stato d'animo.

Antropologia Spaziale

Figura 4

Studio della posizione neutra caratteristica dell'assenza di gravità.



Se l'Antropologia è lo studio naturalistico dell'evoluzione e della variabilità umana, lo sviluppo della disciplina in una visione ergonomica ci ha portato ad estendere il concetto, non solo all'interazione dell'Uomo con l'ambiente naturale, ma soprattutto a quello tecnologicamente avanzato. In quest'ottica le particolari condizioni dell'ambiente delle missioni spaziali e dei futuri insediamenti, ci hanno fatto individuare un campo d'indagine scientifica, di base ed applicata, che possiamo definire come "Antropologia Spaziale". È ovvio che fin dall'inizio dell'Astro/Cosmonautica (USA/URSS) gli studi sull'Uomo sono stati sviluppati soprattutto nel campo della Medicina spaziale de dell'Antropometria (Garret e Kennedy 1971), tuttavia riteniamo che le indagini che il nostro gruppo di lavoro ha iniziato presso i laboratori d'Alenia Spazio (oggi Alcatel Alenia Space, Italia) possano proporsi come un'esplorazione di campi dove esiste una larga possibilità di sviluppare ricerche non strettamente legate all'immediata contingenza della progettazione tecnologica. Potrebbero meglio essere orientate all'indagine scientifica sulla natura umana nella nuova situazione e permetterci riflessioni sul processo evolutivo ed alla sua estrapolazione a possibili nuovi ambienti extraterrestri, anche in una visione teleonomica. Con questo non vogliamo fare della fantascienza o della futurologia, ma indagare su quelle caratteristiche dell'Uomo che, in un nuovo ambiente potrebbero assumere significati differenti, ma nello stesso tempo potrebbero portare nuova luce su processi che in un ambiente come quello gravitazionale, caratterizzato dall'assoluta costanza del fattore peso, siamo abituati a considerare un paesaggio immutabile. A tal fine abbiamo ripreso da Elisabeth Vrba (Gould e Vrba, 1982) il concetto di "Exaptation" (dal latino *ex e aptus*. *Vulgo*: "preadattamenti") che potremmo tradurre con "Exaptamenti" (Masali e Ferrino, 2005), in altre parole lo studio delle potenzialità, o "archetipi", della funzione attualmente richiesta dal nuovo ambiente, preesistenti nella specie, ma anche nelle forme affini o passate, che consentono, nel nostro caso, l'adattabilità all'ambiente spaziale.

Lo scopo è dunque quello di:

- Studiare l'adattabilità umana agli ambienti spaziali, in un'ottica evolutivista.
- Creare le condizioni del benessere, attraverso una conoscenza di base utile ad una progettazione orientata all'Uomo
- Studiare, soprattutto con metodiche di simulazione e documentazione spaziale la postura, la locomozione e l'antropometria microgravitazionale (0g) ed a bassa gravità (μg), come nel caso di Phobos.
- Indagare le relazioni etologiche interpersonali ed ambientali sviluppando i concetti di prossemica, intesa come scienza della "prossimità", con tutte le implicazioni etologiche dell'aspetto relazionale umano nell'uso dello spazio fisico interpersonale.
- Indagare le modificazioni fisiche microgravitazionali che riguardano la percezione sensoriale, la distribuzione dei liquidi, la disposizione e dimensioni degli organi interni, la decalcificazione, l'allungamento colonna vertebrale, le modificazioni della massa muscolare, ecc.
- Approfondire l'Ergonomia dell'ambiente spaziale applicando anche il concetto di "interspazio"
- Studiare la "popolazione" degli astronauti.

Figura 5

Astronauta (Skylab) in condizioni microgravitazionali orbitali; nel riquadro, Propithecus (Sifaka) in condizioni balistiche "suborbitali".



Gli astro/cosmonauti d'oggi appaiono un campione della Specie molto selezionato, sebbene appartengano a popolazioni umane differenti e siano, per ora, una popolazione riproduttiva. Sono, infatti, il frutto di una particolare "selezione attitudinale" molto spinta, ma qualora si costituissero degli insediamenti permanenti, si aprirebbe un campo di studi eccezionale sulle problematiche di deriva genica e di selezione naturale/artificiale che ne conseguirebbero, senza dimenticare non inverosimili interventi d'ingegneria genetica e imprevedibili mutazioni.

Esperienze recenti

Figura 6

Manichino virtuale tridimensionale "Jack", il suo "scheletro" e le prove d'accessibilità di un modulo dell'ISS



Tra le esperienze recenti del gruppo di lavoro vogliamo ricordare nel caso specifico (Toscano 2005) una situazione dove Alenia doveva implementare il realismo dei movimenti di JACK un manichino (*tool*) di simulazione del corpo umano che supporta un insieme di funzioni d'analisi dei fattori umani che contribuisce alla progettazione degli interni dei veicoli spaziali per ottimizzare il comfort e la performance degli occupanti; questo software è in grado di simulare le posture reali umane, ma la sua simulazione rimane comunque statica ed il nostro intervento aveva lo scopo di svilupparne la dinamica.

Figura 7

Marker e target per il rilevamento del movimento nel laboratorio del Progetto Real Man



Alenia con il progetto Real Man voleva raggiungere una simulazione/visualizzazione dinamica del movimento umano il più possibile aderente alla realtà: questo è possibile implementando il movimento su JACK. A tal proposito è deciso di acquisire dati, relativi al movimento umano, eseguendo una serie di test in laboratorio e di sviluppare un software in grado di trasferire tali dati a JACK. Per l'acquisizione dei dati, è stato utilizzato il sistema ART, che permette di catturare il reale movimento umano, durante le prove eseguite su di un mock-up reale.

Le premesse della convenzione tra Alenia e l'Università di Torino, sono da ricercare nell'incontro tra le esigenze d'Alenia, giacché partner del progetto Real Man, e le specifiche competenze del nostro gruppo di ricerca, ha sviluppato ricerche di base ed applicative nel campo dell'ergonomia dei movimenti corporei.

Per l'acquisizione dei dati relativi al movimento reale umano, si è utilizzata la tecnologia rappresentata dal sistema ART (*Advanced Realtime Tracking*). In generale, con il *tracking* s'intende la misurazione delle diverse successive posizioni assunte da persone od oggetti all'interno di uno spazio definito. La posizione (3 coordinate) e l'orientamento del corpo (3 coordinate angolari indipendenti) sono misurati contemporaneamente e sono definiti "6 gradi di libertà *tracking*". Il sistema ART si basa su un sistema di *tracking* ottico: il corpo che deve essere seguito dalla telecamera (corpo umano o un oggetto) è equipaggiato con una serie di *target* costituiti da *marker* rivestiti da superfici retroriflettenti. Le telecamere di *tracking*, che scansionano un certo volume, riconoscono questi *marker* e inviano ad un PC centrale le loro coordinate per l'elaborazione finale. Il software centrale Dtrack di ART riceve le coordinate dei *target* da ogni telecamera e calcola la posizione dei singoli *target* in un sistema di coordinate predefinite dello spazio calibrato e controlla le funzioni dell'intero sistema di *tracking*.

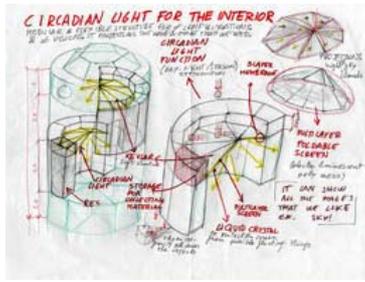
Tale *software* consente di realizzare un'esatta e veloce calibrazione della stanza e dei singoli *target*, che possono essere riconosciuti.

I dati antropometrici dei soggetti che hanno svolto le prove sono stati trasferiti sul software Jack per valutare la loro attendibilità ed il risultato è stato positivo, anche se si è dovuto fare un lungo lavoro d'interpretazione dei punti antropometrici e si sono dovute studiare delle traslazioni di assi per mettere in relazione i *target* con le misure antropometriche tradizionali. Il manichino Jack sembra, infatti, muoversi in maniera assolutamente naturale, tuttavia l'elaborazione dovrà continuare perché alcuni problemi non sono ancora del tutto risolti, come la posizione non sempre naturale della mano e al fatto che non è possibile vedere il movimento delle dita associato al compito svolto. Per quanto riguarda l'inclinazione assunta dalla schiena, è probabile il *target* del tronco venga in automatico associato dal software alla colonna vertebrale.

Human Centered Design

Figura 8

Studio degli interni di una base per Phobos (Schlacht Irene e team Phobos MMW 2005)

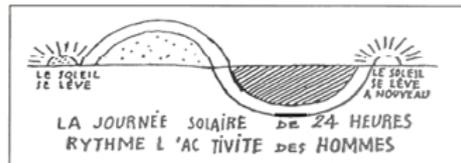


L'Antropologia spaziale prevede, come si è detto, un approccio *Human Centered Design*, questa metodica, infatti, pone gli strumenti base per una progettazione finalizzata al benessere dell'uomo.

Il benessere è qui definito come condizione per la realizzazione della massima efficienza e quindi produttività nell'economia del sistema.

Figura 9

Studio del ciclo circadiano solare di Le Corbusier



Per avere benessere e produttività dobbiamo porre le condizioni ambientali che realizzano questa condizione. L'uomo è un essere naturale che si è evoluto per vivere in condizioni dove sono presenti gli stimoli biologici e fisici cui è abituato e ciò, anche se sembra una tautologia, non lo è per niente perché il non-adattamento ha come risultato l'estinzione. Una particolarità degli stimoli presenti nell'ambiente naturale è che sono caratterizzati da variazione e variabilità e ciò può non avvenire o essere limitato in un ambiente confinato. Riteniamo perciò, in accordo con Romanello, architetto e studioso del colore, che per massimizzare il benessere e il rendimento "...bisogna richiamare le condizioni fisiche e psichiche della normalità", caratterizzate dalle variazioni e varietà di colore, luce e ombra, freddo e caldo, che sono indispensabili alla salute fisica e mentale.

L'ambiente confinato spaziale è un ambiente totalmente artificiale e isolato dal contesto naturale, quindi carente di stimoli biologici.

Il design del colore, della luce e degli altri fattori fisici e psichici deve, quindi, poter rispondere alla carenza di stimoli, e inoltre soddisfare i requisiti di variazione e variabilità adeguata ai ritmi biologici per rispondere agli obiettivi del benessere psicofisico, dell'orientamento spaziale e del supporto delle attività richieste dalla missione.

Conclusioni

Avevamo previsto un'Antropologia dello Spazio come uno spazio per l'Antropologia (Masali e Ferrino, 2001), ora abbiamo esplorato la possibilità d'integrare, in un approccio antropologico, le conoscenze sulle caratteristiche adattative umane che possono essere esaltate da una corretta progettazione dell'ambiente spaziale e forse ottenuto qualche risultato inaspettato.

La ricerca antropologica spaziale avrà dunque l'occasione di sviluppare molti campi d'indagine innovativi e interdisciplinari.

Si ringrazia per collaborazione e consigli:

Prof. Dina Ricco e Giulio Bertagnia, team del lab.colore, luce, spazio e spin design. del Politecnico di Milano

Arch Giorgio Musso, Ing. Enrico Gaia, Dr. Vincenzo Guarnirei del team di Human Factor presso Alcatel Alenia Space Italia di Torino e Ing. Blaine Sessions collaboratore AASI presso la Sofiter.

Bibliografia

- Bertagnia G., 2003, *Il colore nello spazio abitato*, Dispensa: Laboratorio Colore, Politecnico di Milano, Milano, Italy.
- Burzio L., 2001-2, *Abitare lo spazio*, Tesi di Laurea: Politecnico di Torino, Torino, Italy.
- De Grandis L., 1996, *Teoria e uso del colore*, Mondadori, Milano, Italy.
- Déribéré M., 1968, *Dipingere la casa*, Zanichelli, Bologna, Italy.
- Dominoni A., 2002, *Industrial Design for Space*, Silvana Editoriale, Cinisello Balsamo, Milano, Italy.
- Joao Durao M., Favata P., 2003, *Color Considerations For The Design Of Space Habitats*, AIAA 2003-6350, Long Beach, California.
- Itten J., 1997, *Arte del colore*, Ed. Ridotta Est, Milano, Italy.
- Ferrino M., Gaia E. 2002: A Multi-Disciplined Approach for Living in Outer Space. Workplace for the Future HAHAMAHA 2002 Roma)
- Ferrino M. e Masali M., 2005. *Evoluzione posturale nell'adattamento umano all'ambiente microgravitazionale e metodi prossemici*. XV Congresso dell'Associazione Antropologica Italiana, Chieti 28-30 settembre 2003, pp 233-245.
- Mahnke F., 1998, *Il colore nella progettazione*, Ed.Hutlet, Torino, Italy.
- Masali M., Ferrino M., 2001. Antropologia Spaziale: uno spazio per l'Antropologia?. *XIV Congresso degli Antropologi Italiani. Lo studio dell'Uomo verso il terzo millennio*. Croce di Magara. Spezzano Piccolo (CS), 25-28 settembre 2001. Abstract.:115- 116
- NASA, 2001 February, *ISS Interior Color Scheme (SSP 50008 Rev.C)*, Johnson Space Center, Houston,Texas, 2001.

NASA, 1995, *STD 3000*, cap.8.

NASA, Mary Connors M., Harrison A., Akins F., 1985, *Living Aloft: Human Requirements for Extended Spaceflight*, cap: 2-3.

Pregolato F.1983 *Spazio e comportamento* Levrotto&Bella, Torino.

Pregolato F., 1998 *Antropologia e Prosemica*. Campanotto, Pasion di Prato.

Riccò D.,1999, *Sinestesie per il design*, Etas, Milano, Italy.

Rita L., 2000, *Ambienti confinati*, Articolo: Newton, 01 Maggio 2000.

Romanello I, 2002. *Il colore: espressione e funzione*, Hoepli, Milano, Italy.

Toscano E., 2005. *Studio dei movimenti corporei per l'umanizzazione di manichini computerizzati tridimensionali*. Relazione interna Alenia Spazio a cura della dr.ssa Elisabetta Toscano. Supervisione: prof. Melchiorre Masali e prof.ssa Enrica Fubini.

Vrba E. e Gould S.J.1982. *Exaptation; a missing term in the science of form Paleobiology; (8) 1: 4-15*

Nota

Le fotografie di soggetti e ambienti spaziali sono state acquisite dalla banca dati On-line NASA: [Http://spaceflight.nasa.gov](http://spaceflight.nasa.gov) - Human Space Flight Gallery