

Il ruolo del colore nel progetto di un modulo abitativo per la Stazione Spaziale Internazionale

¹Dip. DIAEE, "Sapienza"
Università di Roma

1. INTRODUZIONE

Al di fuori dell'atmosfera, l'ambiente spaziale presenta sostanziali differenze rispetto a quello terrestre; alcune di queste, come il vuoto e l'ossigeno atomico, sono rese prive di effetto con la costruzione di un habitat spaziale, mentre altre, come le radiazioni e l'assenza di gravità, esplicano i loro effetti anche all'interno di ambienti artificiali appositamente costruiti per la vita nello Spazio [1].

Molte sono le conseguenze, soprattutto di natura fisiologica, che la microgravità ha sull'essere umano: la letteratura riporta sia problemi persistenti per tutto il periodo di permanenza nello Spazio, sia problemi temporanei che spariscono dopo un periodo di adattamento di qualche giorno [2] [3]. Durante i primi giorni nello Spazio gli astronauti soffrono di malessere dovuto al funzionamento del sistema vestibolare: i sensori del sistema otolitico situati nella parte interna dell'orecchio, non percependo lo stimolo gravitazionale, generano disorientamento e nausea, mentre i movimenti della testa, stimolando il canale semicircolare, provocano vertigini [4].

Fin dalle prime esperienze in orbita, gli astronauti hanno raccontato di aver sperimentato quella che è stata definita "*Inversion Illusion*", ossia la sensazione di stare all'interno di un veicolo che vola costantemente capovolto a testa in giù, sensazione che viene meno sedendo saldamente su una sedia e che normalmente sparisce dopo i primi giorni in orbita [5].

Tra gli effetti permanenti causati dalla microgravità ci sono quelli legati all'orientamento degli astronauti, provocati dalla fluttuazione all'interno dei veicoli spaziali di qualsiasi oggetto o persona non ancorati alle pareti. Le conseguenze possono sembrare banali, ma l'assenza di gravità rende un ambiente spaziale profondamente differente rispetto a quelli cui siamo abituati sulla Terra, soprattutto per ciò che concerne gli aspetti percettivi. Non essendo presente la forza che tiene ancorati al suolo, nello Spazio non si è vincolati da un asse verticale predefinito ed univoco, ma esistono assi relativi che si modificano di volta in volta in funzione dei movimenti e delle rotazioni di ogni singolo astronauta [6]. Il concetto di pavimento, soffitto e pareti laterali perde di significato perché le superfici di un ambiente sono tutte indifferenti tra loro e cambiano continuamente

identità: il pavimento è di volta in volta quello che l'astronauta ha sotto i suoi piedi ed il soffitto quello sopra la sua testa. Questo permette di sfruttare tutte le superfici interne nella loro interezza per posizionare apparecchiature ed oggetti perché qualsiasi punto diventa accessibile all'equipaggio, ma allo stesso tempo crea ambiguità perché le pareti si confondono tra loro provocando disorientamento negli astronauti. L'effetto si amplifica al passaggio da un modulo all'altro quando questi sono orientati in maniera differente e nei nodi, dove vi sono collegamenti in tutte e sei le direzioni dello spazio: queste circostanze causano nell'astronauta la "*visual reorientation illusion*" (VRI), descrivibile come lo sgradevole effetto che si prova all'ingresso in un ambiente conosciuto da una direzione inusuale o quando si perde il senso dell'orientamento [7]. La sensazione sparisce una volta che la persona si è ruotata, posizionandosi correttamente: in questo sono di aiuto le irregolarità dello spazio interno, la posizione degli oggetti, ma soprattutto può agevolare la colorazione delle superfici.

Studi precedenti, condotti in laboratorio [8] o con l'ausilio della realtà virtuale [9] [10], hanno ampiamente dimostrato l'influenza del colore sulla capacità di orientamento dell'essere umano: in ciascun esperimento è stato evidenziato come il riconoscimento della spazialità di un ambiente sia facilitato da connotazioni colorate rispetto alle situazioni in cui tale connotazione è assente. In particolare, Aoki et al. [11], hanno indagato l'effetto dell'arredamento sull'orientamento umano in uno spazio virtuale che riproduce le caratteristiche tipiche di una stazione spaziale con moduli connessi tra loro in varie direzioni, dimostrando che l'uomo perde l'orientamento muovendosi in uno spazio tridimensionale totalmente vuoto ed uniforme, mentre si orienta correttamente quando le superfici assumono colorazioni differenti.

L'uso del colore negli ambienti interni è inoltre un ottimo espediente per combattere i problemi psicologici che si verificano durante lunghi periodi di confinamento [12] [13] come le missioni spaziali odierne ed ancor di più lo saranno le future [14]: l'inserimento elementi colorati rompe la monotonia di un ambiente perché aumenta gli stimoli sensoriali [15], diminuendo così i momenti di noia che l'isolamento può generare negli astronauti e migliorando l'umore dell'intero equipaggio e

con esso i rapporti interpersonali[16]. Ricerche psicologiche hanno anche stabilito che il colore, oltre a migliorare lo stato d'animo delle persone, aumenta le performance cognitive che l'isolamento porta a diminuire [17] [18]: la presenza del colore aumenta l'organizzazione e diminuisce il tempo di ricerca, facilita l'identificazione e l'organizzazione delle informazioni, ma soprattutto accelera l'attività decisionale [19].

2. L'USO DEL COLORE NELLA STORIA DELLE STAZIONI SPAZIALI

La fisionomia dello spazio interno degli ambienti spaziali ha subito profonde trasformazioni dall'inizio dell'era spaziale [20]. I primi veicoli, costruiti tra la fine degli anni '50 e gli anni '60, erano navicelle spaziali con dimensioni molto ridotte perché progettate per missioni di breve durata: gli astronauti erano ospitati in piccole capsule fornite esclusivamente dell'equipaggiamento strettamente necessario alla missione e alla sopravvivenza ma privi di qualsiasi comfort [21]. Quando negli anni '70 gli ambienti spaziali diventano laboratori di ricerca, l'abitabilità diventa un elemento di grande interesse perché gli astronauti soggiorneranno al loro interno per un lungo periodo; a questo cambio di funzione è associato sia un aumento delle dimensioni sia una modifica del layout dovuto all'introduzione di apparecchiature di ricerca e di spazi per il soggiorno dell'equipaggio. Il design dello spazio interno è un elemento innovativo presente sia nelle Stazioni Spaziali Statunitensi che Sovietiche: gli interni dello Skylab [22], disegnati dall'architetto Raymond Loewy, comprendevano una zona living dove gli astronauti potevano trascorrere il tempo libero e mangiare assieme, dotata di un tavolo triangolare attorno al quale riunirsi ed un oblò dal quale osservare la Terra; il design della famiglia di stazioni Salyut prima e della Mir poi [23], è incentrato sulla separazione degli ambienti tra area di lavoro, soggiorno, zona pranzo, cabine private e sulla differenziazione tra pavimento, soffitto e pareti laterali tramite l'uso di differenti colori per ciascuna superficie. In questa "prima generazione" di Stazioni Spaziali l'asse verticale di orientamento è definito dall'arredamento interno, che essendo concepito come quello terrestre, caratterizza l'ambiente con oggetti che comunemente siamo abituati a trovare in un interno domestico o lavorativo; le stazioni sovietiche enfatizzano maggiormente l'orientamento caratterizzando col colore delle pareti la direzionalità verticale.

La Stazione Spaziale Internazionale (ISS), assemblata in orbita a partire dal 1998 per aggiunta successiva di moduli, vanta una



eterogeneità nella fisionomia degli interni, dovuta sia alla differente funzione dei moduli che alla differente concezione della nazionalità di provenienza: i primi moduli lanciati in orbita, *Zarya e Zvezda*, sono di tecnologia Russa ed hanno una funzione rispettivamente di cargo e di soggiorno, mentre i successivi sono nodi collegamento (*Unity, Harmony, Tranquility*) o laboratori di ricerca (*Destiny, Columbus, Kibo*) di fabbricazione Statunitense Europea e Giapponese. I moduli Russi (Figura 1) hanno ereditato la concezione spaziale delle precedenti stazioni sovietiche, con una particolare attenzione al comfort interno, all'abitabilità degli spazi, e all'orientamento degli astronauti: ancora una volta per facilitare la direzionalità dei moduli le superfici interne sono state colorate diversamente (soffitto bianco, pavimento marrone, pareti verdi) [24].

I nodi (Figura 2) ed i laboratori hanno una configurazione asettica, con interni completamente bianchi da cui spiccano gli agganci di colore blu anodizzato [25], e una concezione modulare che suddivide le superfici in armadi di dimensioni standard dove sono alloggiati gli strumenti di ricerca: l'indifferenza tra le pareti interne di questi moduli permette agli astronauti di lavorare su qualsiasi superficie,

Figura 1 - Interno del modulo Zvezda. Foto pubblicata nel sito ufficiale della NASA www.nasa.gov

Figura 2 - Interno del nodo 2 Harmony. Foto pubblicata nel sito dell'ASI www.asi.it

anche pavimento o soffitto, e di disporsi a loro piacimento, anche a testa in giù o in orizzontale perché nessuna direzionalità prevalente è imposta e l'asse verticale può essere individuato unicamente facendo riferimento alla posizione delle sorgenti luminose; inoltre la concezione modulare implementa il grado di libertà perché permette agli astronauti di disporre a proprio piacimento gli oggetti, direzionandoli nel modo di volta in volta più comodo. Questo tipo di concezione dello spazio interno, pur essendo molto funzionale dal punto di vista operativo, è poco confortevole per chi deve vivere al suo interno alcuni mesi: lo spazio diventa labirintico per l'essere umano che si è evoluto orientandosi in funzione della gravità terrestre, perché la totale uniformità è causa di perdita di orientamento.

Molte sono state le proposte di aumentare il grado di abitabilità e di comfort dello spazio interno delle Stazioni Spaziali ponendo maggiore attenzione alle esigenze di chi vive (e non solo opera) al suo interno [26] [27] [28] [29] rispetto agli standard prefissati astrattamente dalle agenzie spaziali [30]: una delle indicazioni più ricorrenti è quella di fare uso del colore al fine di rendere l'ambiente meno monotono ma soprattutto per agevolare l'interazione dell'essere umano con l'ambiente facilitandone i movimenti e gli spostamenti all'interno del modulo o da un modulo all'altro.

Il presente lavoro si propone di analizzare le possibili soluzioni adottabili per facilitare l'orientamento dell'essere umano in uno spazio extra-atmosferico come la Stazione Spaziale Internazionale dove la gravità è assente: come mezzo di indagine si è utilizzato un ipotetico ambiente tridimensionale progettato e modellato come un prototipo di modulo abitativo

3. IL PROGETTO DEL COLORE DI UN MODULO SPAZIALE

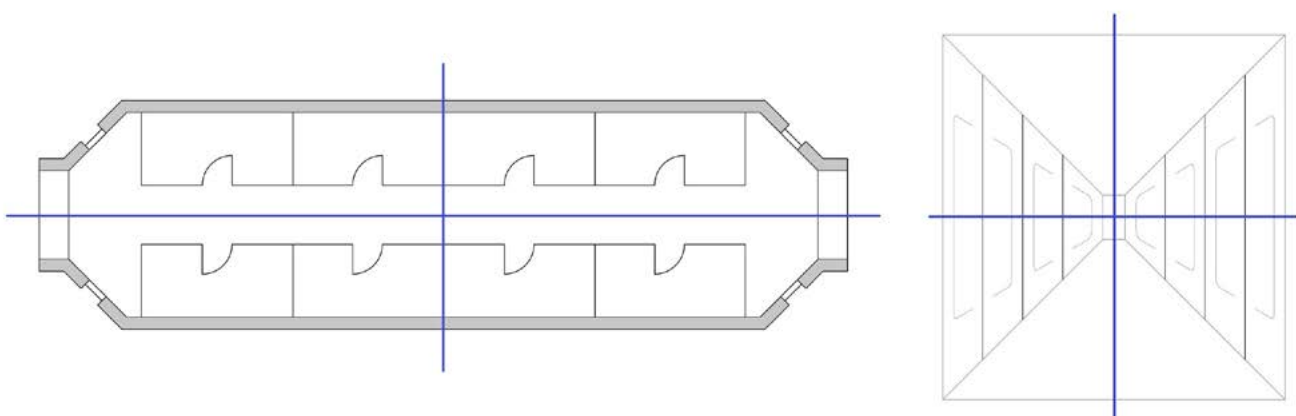
Il modello utilizzato per lo studio è un piccolo habitat contenuto all'interno di un cilindro del diametro di 3,85 m e lungo 13,65 m che accoglie gli alloggi personali per gli astronauti: il modulo ha una distribuzione secondo l'asse

longitudinale, con due elementi di accesso posti in corrispondenza delle circonferenze terminali, ed un corridoio centrale a sezione rettangolare che si snoda per tutta la lunghezza del cilindro, sul quale si aprono le porte dei singoli scompartimenti, quattro per ogni lato [31].

Lo spazio interno ha una configurazione simile ai moduli di fabbricazione Statunitense caratterizzato dalla ripetitività degli elementi e con due assi di simmetria, uno longitudinale ed uno trasversale, che tagliano l'ambiente in due parti speculari (figura 3): senza dare alcuna connotazione agli elementi che caratterizzano il corridoio centrale, ma lasciando tutte le pareti bianche con maniglie ed agganci blu, secondo le prescrizioni della Nasa, lo spazio diventa un labirinto all'interno del quale non è possibile capire quale sia il corretto orientamento verticale relativo. Con una simile configurazione, entrando nel modulo, gli astronauti si trovano senza punti di riferimento e non possono distinguere il soffitto dal pavimento, né gli scomparti localizzati a destra da quelli a sinistra e quindi non sono in grado di dirigersi con certezza verso il proprio alloggio. Similmente, in caso di pericolo che richieda l'evacuazione verso una direzione precisa, l'equipaggio avrebbe difficoltà a dirigersi verso l'uscita corretta.

Una possibile soluzione adottabile è quella di utilizzare delle indicazioni scritte: per l'orientamento spaziale si dovrebbero utilizzare diciture quali "up", "down", "right", "left", "front", "back", e per il riconoscimento della cabina un numero o il nome di ciascun astronauta posto sulla porta relativa. Tale metodo presenta però delle criticità che non lo rendono ottimale perché la leggibilità delle scritte non è immediata, anzi risulta difficoltosa se queste sono posizionate sottosopra o lateralmente rispetto all'osservatore o se troppo piccole. Una precedente ricerca [32] ha dimostrato che l'utilizzo di indicazioni scritte contenute all'interno di riquadri colorati rende più facile e veloce l'orientamento degli astronauti rispetto a quanto avvenga in un modulo senza scritte; la stessa ricerca ha rilevato come la tipologia di interni Russi siano più funzionali all'attività

Figura 4 - Modulo di studio con assi di simmetria: pianta e prospettiva



di orientamento rispetto a quelli Americani ed Europei, perché un maggior numero di soggetti riesce a posizionarsi correttamente rispetto all'orientamento del modulo e soprattutto in minor tempo.

È dunque una buona strategia applicare la concezione Russa sullo spazio interno al modulo abitativo sperimentale, soprattutto per ciò che attiene l'uso dei colori per caratterizzare le superfici.

Nella scelta della tinta da abbinare alle pareti è bene fare riferimento a quelle comunemente utilizzate sulla Terra, quindi colorazioni scure ($Rho < 0,3$) per il pavimento, molto chiare per il soffitto ($Rho > 0,8$) e pastello ($Rho \approx 0,65$), tenendo però presente che in un ambiente spaziale la percezione del colore cambia per effetto della microgravità: è stato dimostrato che la sensibilità dell'occhio umano aumenta alle lunghezze d'onda corte e diminuisce alle lunghezze d'onda lunghe, che il giallo è percepito più saturo e che la luminosità diminuisce [33].

Le colorazioni più appropriate sono risultate il marrone (S 3040-Y40R) per il pavimento, bianco panna (S 0505-Y10R) per il soffitto, verde (S 0540-G30Y) e celeste (S 0520-B10G) per le pareti laterali: la rappresentazione grafica dei colori indicati con la rispettiva catalogazione nel sistema Natural Color System (NCS) [34] è mostrata in figura 4.

Le tinte sono state scelte tenendo in considerazione la funzione abitativa del modulo e dunque con la finalità soddisfare la connessa necessità di rendere l'ambiente rilassante e confortevole: il marrone della pavimentazione crea un rimando al legno, un materiale legato al calore e all'intimità della casa, che usualmente viene utilizzato negli interni domestici per la superficie di calpestio; il celeste ed il verde sono entrambe tinte fredde, che generano uno stato di tranquillità nell'essere umano e dunque adatte ad un ambiente di riposo, mentre il bianco è una colorazione neutra che non ha effetti sullo stato d'animo e normalmente viene utilizzata per il soffitto. Il marrone, il verde ed il celeste sono i tre colori maggiormente presenti nella natura, che l'essere umano è abituato ad osservare quotidianamente; la loro presenza negli interni spaziali fornisce agli astronauti una stimolazione

sensoriale che normalmente proviene dall'ambiente esterno terrestre, altrimenti non presente nello Spazio. Lo stimolo proveniente dal colore ha effetti psicologici che producono risvolti positivi sul soggiorno spaziale: oltre a migliorare l'umore, i colori aiutano a contrastare la sensazione di isolamento e lontananza che gli astronauti provano, soprattutto nelle missioni di lunga durata.

Applicando una colorazione uniforme alle pareti laterali non è però possibile identificare con immediatezza ciascuno scompartimento: una possibile soluzione è quella di assegnare a ciascuno di essi una differente gradazione del colore della parete, ad esempio cambiandone la saturazione.

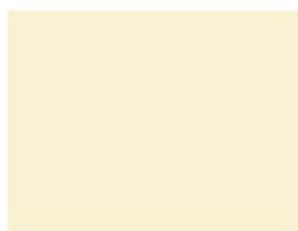
Una soluzione altresì efficace per caratterizzare la porta delle cabine personali è quella di posizionare su ciascuna di esse una figura differente, come può essere un elemento geometrico, o un simbolo universalmente noto, ma comunque molto semplice in modo da poter essere riconosciuto da qualunque prospettiva; la tecnica di affiancare segni grafici elementari ai colori nella segnaletica è stata studiata come mezzo efficace in alcuni contesti pubblici dove l'uso del solo colore risulta limitante [35]. Esempi di figure adatte possono essere un triangolo, un cerchio, o una stella; utilizzando del velcro le figure possono essere facilmente attaccate e staccate dalla superficie cosicché ogni singolo astronauta possa scegliere la propria figura da apporre sulla porta della sua cabina, in modo da personalizzarla ed aumentare così il senso di appartenenza. Per poter apparire efficacemente rispetto al colore della parete, la figura dovrà avere una colorazione che produca un forte effetto di contrasto con lo sfondo: il bianco sembra una scelta idonea e sobria perché non aggiunge una ulteriore tinta in una stanza già carica di colore. Per poter essere identificati con immediatezza in una stanza colorata, ugualmente bianchi dovranno essere gli agganci e le maniglie che servono agli astronauti per spostarsi ed ancorarsi ed i giunti di connessione tra i moduli.

La gradazione di colore delle pareti laterali è stato invece indicato come uno strumento utile per enfatizzare la direzionalità verticale del

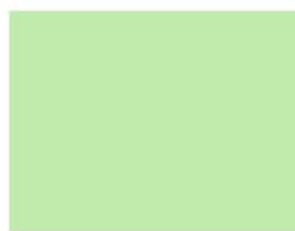
Figura 4 - Le colorazioni nel sistema NCS



S 3040-Y40R



S 0505-Y10R



S 0540-G30Y



S 0520-B10G

modulo [26]: passare da una saturazione minore a contatto col pavimento ad una saturazione sempre maggiore per giungere a livelli di luminanza sempre crescenti a contatto col soffitto è certamente una soluzione utile per facilitare maggiormente il corretto posizionamento degli astronauti all'interno del modulo.

Tale metodologia di progettazione produce le finalità sopra descritte anche in un interno in cui è presente un basso livello di illuminamento, perché i colori indicati possono essere distinti dall'occhio umano anche con i 50 lux che sono normalmente presenti negli interni della ISS.

4. CONCLUSIONI

Il colore è diventata un'esigenza irrinunciabile per la progettazione delle future Stazioni Spaziali perché svolge un ruolo centrale ed imprescindibile all'interno degli habitat extra-atmosferici migliorando il grado di comfort e di abitabilità rispetto ai moduli attuali.

Con il presente studio si è voluto produrre un primo esempio di come potrebbero essere i futuri moduli spaziali se progettati utilizzando il colore in modo utile alle esigenze di chi fruisce dello spazio e finalizzato all'obiettivo di semplificare gli spostamenti ed i movimenti all'interno dell'ambiente. La progettazione di una intera Stazione Spaziale richiede la necessità di affrontare di volta in volta la definizione di ciascun modulo o di ciascun ambiente ed in funzione delle caratteristiche specifiche studiare la soluzione più corretta, soprattutto per risolvere le singole particolarità che ogni tipologia di modulo presenta.

L'obiettivo del presente studio è stato quello di indicare un modello progettuale, delle linee guida che indirizzano verso una corretta progettazione di habitat Spaziali per mezzo del colore:

- caratterizzare ogni superficie non un colore differente, scegliendo una tinta appropriata;
- graduare la colorazione delle superfici verticali modulando la saturazione e la luminanza;
- evidenziare gli elementi rilevanti e di sicurezza in bianco.

Sarà possibile verificare l'efficacia della soluzione ipotizzata nella sua capacità di agevolare l'orientamento e l'individuazione degli scompartimenti testando la risposta dell'essere umano in un ambiente tridimensionale simulato con realtà virtuale, oppure applicando il progetto in uno dei moduli della ISS.

BIBLIOGRAFIA

- [1] M. D. Griffin, J. R. French, "Space Vehicle Design", AIAA Education Series, 2004.
- [2] J. R. Lackner, P. DiZio, "Human orientation and movement control in weightless and artificial gravity environments", *Exp Brain Res* (2000), 130, p. 2 - 26.
- [3] G. Clément, A. Pavy-Le Traon, "Centrifugation as a countermeasure during actual and simulated microgravity: a review", *Eur J Appl Physiol* (2004), 92, p. 235 - 248.
- [4] M. F. Resche, L. N. Kornilova, D. L. Harm, J. J. Bloomberg, W. H. Paloski, "Neurosensory and sensory-motor function, *Space Biology and Medicine* (1996), vol. 3 *Humans in Spaceflight*.
- [5] C. M. Oman, "Human visual orientation in weightlessness", *York Conference* 2001.
- [6] J. B. F. van Erp, H. A. H. C. van Veen, M. Ruijsendaal, "More than a feeling: bringing touch into astronauts' spatial orientation", *Microgravity sci. technol.* (2007), XIX - 5/6, p. 108 - 112.
- [7] C. M. Oman, W. L. Shebilske, J. T. Richards, T. C. Tubré, A. C. Beall, A. Natapoff, "Three dimensional spatial memory and learning in real and virtual environments", *Spatial Cognition and Computation* (2000), 2, p. 355 - 372.
- [8] L. Hermer, E. Spelke, "Modularity and development: the case of spatial reorientation", *Cognition* (1996), 61, p. 195 - 232.
- [9] D. M. Kelly, W. F. Bischof, "Reorienting in images of a three-dimensional environment", *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* (2005), 31, 6, p. 1391 - 1403.
- [10] B. R. Sturz, D.M. Kelly, "Environment size and the use of feature and geometric cues for reorientation", *Acta Psychologica* (2013), 142, p. 251 - 258.
- [11] H. Aoki, R. Ohno, T. Yamaguchi, "The effect of the configuration and the interior design of a virtual weightless space station on human spatial orientation", *Acta Astronautica* (2005), 56, p. 1005 - 1016.
- [12] A. A. Harrison, Y. A. Clearwater, C. P. McKay, "The human experience in Antarctica: application to life in Space", *Behavioral Science* (1989), 34:4, p. 253 -271.
- [13] K. Binsted, R. L. Kobrick, M. O. Griofa, S. Bishop, J. Lapierre, "Human factor research as a part of a Mars exploration analogue mission on Devon Island", *Planetary and Space Science* (2010), 58, p. 994 - 1006.
- [14] D. Manzey, "Human mission to Mars: new psychological challenges and research issues", *Acta Astronautica* (2004), 55, p. 781 - 790.
- [15] R. Peldsz, H. Dalke, S. Pretlove, C. Welch, "The perfect boring situation - in view Of designing onboard countermeasures to monotony & isolation during transfer stages of extended exploration missions", *62nd International Astronautical Congress* (2011), E5.1.5.
- [16] N. Kanas, "Psychosocial issue affecting crews during long-duration space missions", *Acta Astronautica* (1998), 42, p. 339 - 361.
- [17] G. G. De La Torre, B. van Baarsen, F. Ferlazzo, N. Kanas, K. Weiss, S. Schneider, I. Whiteley, "Future perspectives on space psychology: Recommendations on psychosocial

and neurobehavioural aspects of human spaceflight”, *Acta Astronautica* (2012), 81, p. 587 - 599.

[18] E. Öztürk, S. Yilmazer, S. E. Ural, “The effects of Achromatic and Chromatic Color Schemes on Participant’s Task Performance in and Appraisals of an Office Environment”, *Color Research and Application* (2012), 37, p. 359 - 366.

[19] R. Kumi, C. M. Conway, M. Limayem, S. Goyal, “Learning in Color: How Color and Affect Influence Learning Outcomes”, *IEEE Transaction on professional communication* (2013), 56, p. 2 - 14.

[20] G. H. Kitmacher, “Design of the Space Station Habitable Modules”, 53rd International Astronautical Congress (2002), p. 1 - 17.

[21] S. Mohanty, J. Jørgensen, M. Nyström, “Psychological Factors Associated with Habitat Design for Planetary Mission Simulators”, *AIAA 2006-7345*, p. 1 - 12.

[22] W. D. Compton, C. D. Benson, “Living and working in Space: a History of Skylab”, *Scientific and Technical Information Branch NASA* (1983).

[23] B. J. Bluth, M. Helppie, “Soviet Space Stations As Analogs”, *Nasa Grant Nagw-659* (1987).

[24] I. L. Schlacht, H. Birke, “Space design. Visual interface of space habitats”, *Pers Ubiquit Comput* (2011), 15, p. 497 - 509.

[25] NASA, “International Space Station Program. International Space Station Color Scheme”, *SSP50008 Revision C* (2011).

[26] R. G. Coss, Y. A. Clearwater, C. G. Barbour, S. R. Towers, “Functional Decor in The International Space Station: Body Orientation Cues and Picture Perception”, *NASA Technical Memorandum 102242* (1989).

[27] J. Wise, “The Quantitative Modelling of Human Spatial Habitability”, *NASA Contractor Report 17750* (1988).

[28] S. Häuplik-Meusburger, “My Home is my Spaceship. An Investigation of Extra-Terrestrial Architecture form a Human Perspective”, 40th International Conference on Environmental System, *AIAA* (2010).

[29] M. M. Cohen, “Space Habitat Design Integration Issue”, 28th International Conference on Environmental System (1998).

[30] NASA, “Human Integration Design Handbook”, *SP-2010-3407 20546-0001* (2010).

[31] C. Burattini, F. Gugliermetti, F. Bisegna, M. Marchetti, “A new conceptual design approach for habitative space modules”, *Acta Astronautica*, vol. 97, 2014.

[32] I. L. Schlacht, M. Rötting, M. Masali, M. Micheletti Cremasco, A. Ono, “Space station visual design for the astronauts reliability”, 60th International Astronautical Congress (2009), *IAC-09.B3.2.9*.

[33] I. L. Schlacht, S. Brambillasca, H. Birke, “Color Perception in Microgravity Conditions: The Results of CROMOS Parabolic Flight Experiment”, *Microgravity Sci. Technol.* (2009), 21, p. 21 - 30.

[34] www.ncscolor.com

[35] G. Bertagna, A. Bottoli, “Colori, segni, convenzioni e daltonici”, *Cultura e Scienza del Colore – Color Culture and Science* (2014), 01, p. 13 - 15.