

## ФОРМИРАНЕ НА БАЗОВИ МЕНТАЛНИ МОДЕЛИ НА ОПЕРАТОРСКА ДЕЙНОСТ В СЛОЖНИ ЕРГАТИЧНИ СИСТЕМИ

Зоя Хубенова

*Институт за космически изследвания и технологии - Българска академия на науките  
e-mail: zhubenova@space.bas.bg*

**Ключови думи:** човек-оператор, информационно взаимодействие, ментални модели, ергатична система

**Резюме:** В статията се предлага експериментална методология за разработване на концептуален модел и изследване на базови ментални модели на човека като управляваща система при възприемане, натрупване и обработка на информация и знания, вземане на решения и извършване на управляваща дейност в екстремални условия. Целта е да се покажат такива механизми на човека-оператор, посредством които е възможно осъществяване на управление от човек в случаи на отклонения от оптималните му режими на работа и жизнена среда. В контекста на когнитивната проблематика, отнасяща се към процесите на преработка на информацията (получаване, преработка, структуриране) е предложен комплексен модел на формиране на ментални модели на оператора, съответстващи на различните етапи от неговата дейност.

## FORMATION OF BASE MENTAL MODELS OF OPERATOR'S ACTIVITY WITHIN COMPLEX ERGATIC SYSTEMS

Zoya Hubenova

*Space Research and Technology Institute - Bulgarian Academy of Sciences  
e-mail: zhubenova@space.bas.bg*

**Keywords:** man-operator, information interaction, ergadic system.

**Abstract:** The article proposes an experimental methodology for developing a conceptual model and studying basic human mental models as a control system in case of perception, storage and processing of information and knowledge, making decisions and performing control activities under extreme conditions. The aim is manifesting such mechanisms of human operator, through which it is possible to carry out management of a person in case of deviations from optimal modes and environment. In the context of cognitive problems related to the processes of information processing (receiving, processing, structuring) a comprehensive model of the operator's mental models formation has been proposed corresponding to the different stages of its activities.

### **Въведение. Задачите на ЧО в компютъризираните системи за управление.**

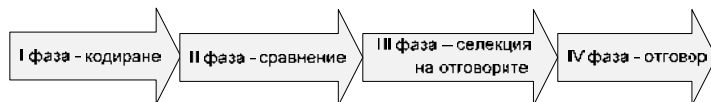
Поради повсеместното прилагане на компютъризираните системи за управление практически полето за възприемане на оператора се стеснява до екрана на монитора(ите) (промяна на числови стойности, цветове и форми, пулсации на изображението), както и аудио съобщения и нарушения [4]. Управляващите въздействия на оператора се осъществяват по пътя на избора на зададени елементи от екраните или клавишите на клавиатурата и бутоните на функционалните устройства (джойстик, трекбол, таблети и пр.), което лишава моторните действия на оператора от значителен двигателен компонент. Отчитайки особеностите на специфичната дейност на човека-оператор (ЧО) на безпилотните летателни апарати (БЛА) като сложна динамика по наблюдение на непрекъснати параметри и логически елементи, може да се каже, че значение преобладават интелектуалните задачи пред перцептивните и моторните. Известно е, че определянето на задачите на оператора в такъв род автоматизирани системи за управление се свежда практически до следното: своевременно да открие неспособността на автоматизираната система да се справи с възникващите нарушения в хода на процеса, да определи причините за неизправността и да компенсира последствията от тях [3]. Необходимо е, да се подчертае важната разлика между оператора на безпилотните летателни апарати

(БЛА) (в смисъл на компютъризирана система за управление) от дейността на авио- и автомобилни пилоти, космонавти, оператори на кораби и пр., за които от съществено значение са неинструменталната информация (тактилна, вестибуларна, кинетична и др.), а при управляващите въздействия принципно е важен физическият отклик (усилията върху органите за управление) [1].

Дейността на оператора на БЛА може да се разгледа като непрекъсната верига от вземане на решения, т.е. на избор от алтернативи в условия на стимулна неопределеност (подробно обяснение на такъв подход за анализ на процесите за вземане на решения в контекста на компютъризираните системи за управление е дал Rouse W. B. [8]). Всеки единичен процес за вземане на решение се разпада на три последователни стадии – откриване на събитие, диагностиране на причините и компенсация от нежелани последствия. Указаните етапи са специфични както по съдържание на операторските действия, така и по характера на психическите процеси, актуални при тяхното изпълнение, а следователно, и по типа навици, необходими на оператора за успешна работа. Съвременния подход се основава на разпознаване на образи и предполага, че операторът при откриване на събитието определя, кога поведението на обекта започва да се отклонява от зададеното.

Съвременните компютъризирани системи за управление напълно потапят оператора в света на знаковителите, опосредствайки техническият обект чрез структурата на компютърно представяне, без пълното владение, на което е невъзможна никоя дейност. Освобождавайки операторът от многото рутинни действия, тези системи за управление поставят пред тях строги структурни ограничения, определяйки необходимостта от придобиване на навици за работа с различни операторски интерфейси. Преодоляването на това положение в бъдеще изследователите виждат в създаването на т.н. «екологични» (естествени) интерфейси или интерфейси на базата на т.н. «мисловни модели» («ментални модели») [2,10].

През седемдесетте години на миналия век основна парадигма в познавателната психология характеризира хората като информативни процесори – всичко, което се усеща (зрение, чуване, докосване, мирис, вкус) се смята за информация, която съзнанието процесира. Основната идея е, че информацията влиза и излиза от човешкото съзнание през серия от разпределени процесиращи стадии [5]. В такъв модел се приема, че информацията е еднопосочна, секвенцирана и че във всяка от фазите има определено време, което най-общо зависи от комплексността на представяната операция (фиг.1). Първата фаза закодира информацията от околната среда в някаква форма на вътрешно представяне; втора фаза е вътрешното представяне на стимула, като се сравнява със запомнено представяне, което се складира в мозъка; трета фаза създава отговор към закодираното и когато има подходящо съчетание, се преминава във четвърта фаза, която е свързана с организацията на отговора и необходимото действие.



Фиг. 1. Човешки информативен процесинг

Двете главни разширения на модела за човешки информативен процесинг включват когнитивните компоненти внимание и памет. Моделът за човешкият процесор се състои от три взаимодействащи си системи: перцептуална система, моторна система и познавателна система. Всяка от тях си има своя памет и процесор и се представя като серия от етапи, които са в основата на изграждането на семейство от модели, които да водят до възможността за качествено описание и количествени измервания.

### Ментални модели в процеса на управление на БЛА

С отчитане на системния подход структурата на организационно –техническата система на безпилотната авиация може да се представи като йерархия от три нива [5]: първото (най-ниско) ниво са различните технически системи с БЛА; второто – безпилотния авиационен комплекс (БАК), а на третото – техническото звено се обединява в ергатично. Освен БЛА, в състава на БАК влизат средствата за: връзка и управление, наземно обслужване, стартиране, кацане, спасяване, транспортиране и съхранение. Това представяне дава основание да се разглежда системата „БЛА- оператор/и“ като клас ергатична система. Именно в такива системи е допустимо да се изследват практически всички форми на взаимодействие между обектите и субектите, като в дадения случай се разглежда на информационно ниво.

При оператора на БЛА става дума за сложни комплексни навици, които в съвкупност с вече придобитите в хода трудовата дейност и в тренировки, образуват професионалните умения, като при това се анализират дейността и функционалното състояние на човека. Под

дейност се разбира целенасочена активност, свързана с решаването на професионалните задачи: целеполагане, мотивация, преработка на информация, вземане на решения, планиране, и прогнозиране, изпълнителни дейности. Функционалното състояние е свързано с действието на неблагоприятни или екстремни фактори и условия, водещи до стрес, напрегнатост, умора емоционални прояви (раздразнение, страх, и пр.) [3].

Известно е, че колкото по-сложен е обектът за управление, толкова по-голямо значение придобиват процесите за преработка на информация, касаещи приема на информацията, постъпваща от обекта и реакцията на тази информация с отчитане на нейното целесъобразно въздействие върху обекта. Преди да реагира на постъпващия сигнал човекът-оператор преди всичко трябва да създаде мисловен образ на ситуацията, да провери адекватността на образа с реалната обстановка и тогава, на основата на създадения образ да вземе решение по управлението.

Известни са четири основни групи ментални модели (ММ): модел за действия над обектите - операторът има представа за обектите в системата и за възможните действия над тях; модел за изменение на състоянието – съответстват системи, които моделират текущото състояние на програмите и модифицират представянето на модела при неговото изменение; модел за изобразяване – когато необходимата за предаване информация се изразява в последователност от действия, обикновено повтарящи се; модел на аналозите – метафора на модели по аналогия се използват в случаите, когато операторът се среща със система, която наподобява на някоя, с която вече е работил.

### **Формиране на базови операторски ММ**

В приетия модел на човека като управляваща система (ЧУС) [2] основен принцип на работа е “вътрешен стимул–действие», а не принципа “стимул–реакция”, типичен за техническите системи и низшите организми. В по-сложните случаи и ситуации на управление човекът е звено, вземащо решение, променящо поведението си, генериращо информация, предприемащо нещатни, непредвидени и нетренирани действия. От казаното до тук правим предположението за следните необходими базови ММ на оператора: ориентиране в системата от законосители; изпълнение на типови процедури; разпознаване отклоненията от нормата; търсене на причините за неизправностите и прогнозиране последствията от въздействията.

Във фазата на формиране на ММ става опознаване и овладяване на процесите на управление; изследва се набора и последователността на отделните елементи и етапи на задачите; аферентните сигнали (стимули) и съответстващите ги ефекторни команди (реакции), натрупване на списък-библиотека от такива съответствия. Тази фаза изразява една от основите концепции на предлагания модел – непрекъснато постъпващата сензорна информация се класифицира и разпределя пространствено и времево – тя служи от една страна за реализиране на управлението, но в същото време избрани „отрязъци” от нея се натрупват като данни и знания в кратковременната и дълговременна памет като оценка за качеството (резултатите) от извършваната дейност [11].

Способите за показване на символите в устройствата за изобразяване на информацията, независимо от типа екрани, на които е представена информацията, може да се осъществява по три способа за формиране на символите или знаците [7]: знакомоделиране; знакогенериране; знаковинтезиране.

*ММ за ориентиране в системата от законосители.* Дейността на оператора на стадия откриване на събития има две съставлящи — операторът осъществява постоянен контрол на системата от законосители, а също разпознава отклоненията от нормите, т.е. съпоставя наблюдаемото състояние на обекта с вече съществуващия еталонен образец на норма и фиксира съществуващите различия между тях като настъпващо събитие.

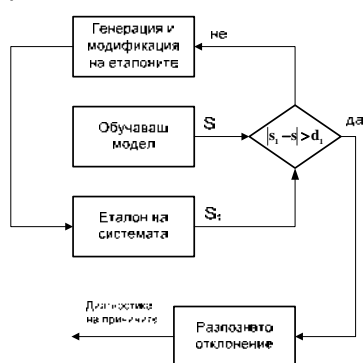
Такъв ММ модел е необходим за осъществяване на контрол на етапа на откриване на събитията и предполага всестранно познаване на обекта посредством операторския интерфейс на системата за управление. Формират се когнитивни структури, съдържащи устойчиви връзки, т.е. операторът започва да се ориентира в системата от законосители. Това е фазата на първоначалното обучение (трениране), в който ЧО усвоява характеристиките на обекта, структурата и типа на информационните елементи и на информационния модел, както и правилата на работа.

Постепенно се формират когнитивни структури, съдържащи устойчиви връзки между елементите на системата от законосители и техните перцептивни аспекти. Операторът се ориентира в системата от законосители като не фиксира в съзнанието си нейната структура, което води практически до прозрачност на интерфейса. Това е особено важно при непредвидени нарушения, когато дефицита на време не позволява да се замисляш за устройството на интерфейса и правилата за манипулиране с него.

*ММ за разпознаване на отклоненията от нормите.* Тези ММ се утвърждават и достигат при продължително сравняване на наблюдаемите симптоми и на еталоните-образци (оперативни образи) на нормалното поведение на управляемия обект. За норма се приема не само регламентирания режим на работа, но и всички допустими. Предполага се, че началните еталони са достатъчно адекватни и достъпни за оператора в резултат на предходно изучаване и опит. При това умението да се откриват отклоненията от задания режим се намира в пряка зависимост от качеството на сформирания се от оператора ММ [9].

В механизма на това формиране (рис. 2) като задаващ блок е „Обучаващия Модел” генерираш наблюдаваните симптоми  $S$ . Идеята е, че ако разликата между тях и еталонните сигнали  $S_1$  превишат даден праг на разпознаване, операторът ще фиксира нарушение в хода на процеса, което създава база за по-нататъшна диагностика за причините. В противен случай наблюдаваната симптоматика се висва в нормата, като по определен начин и модифицира еталона.

При формирането на ММ голяма роля имат мнемическите процеси – операторът запомня, възстановява и възпроизвежда еталоните образци за състоянието на отделните закононоси-тели и съотношенията на показателите на свързаните групи законосители. Компютърния тренинг дава възможност за създаване на подходящ обучаващ модел за предварително създаване на набор от еталонни състояния на обекта, което води и до снижаването на необходимия праг на разпознаване на събитията.



Фиг. 2. Формирование ММ при ориентиране и разпознаване на отклоненията:  
 $S$  — наблюдавани сигнали;  $S_1$  — еталони сигнали - норми;  $d_1$  — праг на разпознаване отклонения

*ММ за прогнозиране на последствията при въздействията.* Този базов ММ е в основата на двете основни действия на оператора в процеса на вземане на решения – генериране и проверки на хипотезите на стадия на диагностика и планиране на процедурите на стадия на компенсация.

Същността на тези ММ се състои в мисленото въздействие на оператора върху съществуващия субективен ментален модел на обекта на управление (СМУ) и на субективния ментален модел на управлението на обекта (СМДУ) с цел оценка на предполагаемите изменения. Качество на прогнозирането се определя при това, доколко е пълен и адекватен самия ММ (фиг. 3). Отклонение  $S'$  за ММ, което може да се разглежда и като оперативен образ-прогноза, се сравнява (съпоставя) с наблюдаваните изходи на обучаващия модел  $S$ . Ако разликата се окаже по-голяма от прага на коректност на прогнозата, следва модификация на менталните модели; в противен случай прогнозата се счита за приемлива.



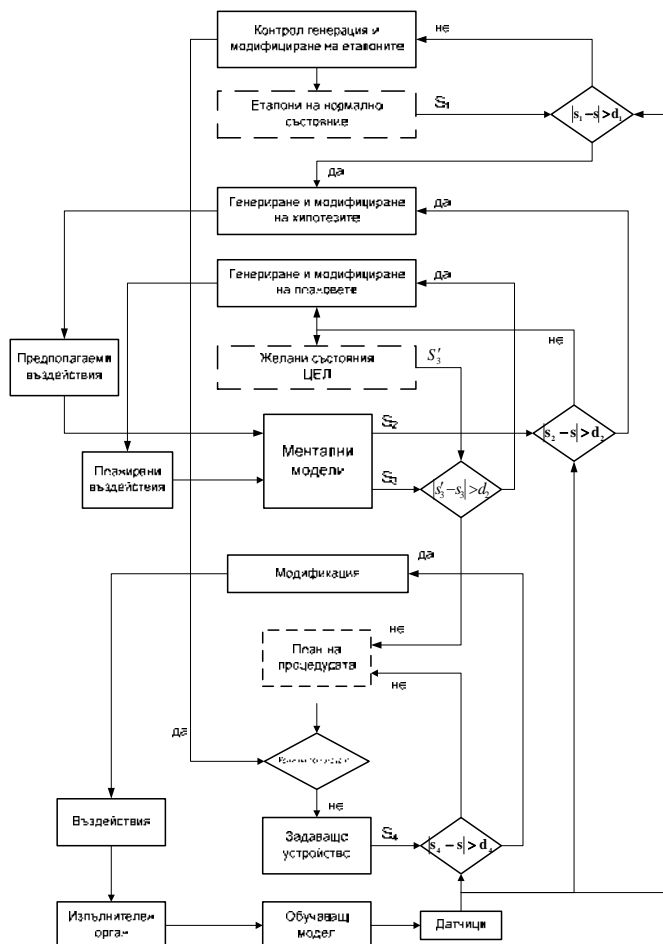
Фиг. 3. Формиране на ММ за прогнозиране последствията от въздействията:  
 $S$  — наблюдаеми сигнали;  $S'$  — прогнозирани сигнали;  $d$  - праг на коректност на прогнозата

**ММ при генериране и проверка на хипотезите.** Това е сложен интелектуален процес, който е в основата на диагностиката за причините за настъпващите събития. При това операторът излиза («надхвърля») системата на законосителите, в което е открито отклонението от нормите и търси причините за наблюдаваните събития в самия обект на управление. Механизмът за формиране на ММ в този случай предвижда избор на хипотези, сравнение на наблюдаваните симптоми  $S$  с отклонението на мисловния модел на хипотетичното въздействие  $S_2$  (фиг. 4). Ако разликата не е голяма, хипотезата се счита за приемлива, в противен случай тя се подлага на модификация. Важно е, че операторът се научава не толкова на конкретни правилни въздействия по ММ (т.е. идентифициране на причините и прогнозиране на последствията), отколкото на ефективна процедура за генериране на хипотези и техните оценки.

Принципно конкретните задачи по диагностиката са твърде разнообразни, както са и разнообразни възможните състояния на процеса, наблюдаемите симптоми и варианти на въздействие. Решаващо значение има опита на ЧО, при който се научава не само правилно да моделира ММ (като да идентифицира причините и прогнозира последствията), но и ефективно да генерира хипотези и да ги оценява. Така след натрупване на „библиотека“ от ММ се придобива висока степен на готовност за справяне с широк спектър от конкретни задачи на диагностични проблеми в широк диапазон от различни условия.

**Планиране на процедури.** Етапа на планиране във вземането на решения настъпва след като причината за отклонението в поведението на обекта е открита и операторът пристъпва към компенсиране (ликвидиране) на нейните нежелателни последствия. При това един от резултатите на етапа на диагностиката е представата му за състоянието на обекта, което той би искал да достигне за сметка на компенсацията. Такъв ММ (оперативен образ-цел) може да се използва като мярка на изпреварващ бъдещ резултат.

Планирането е подобно с генерирането и проверката на хипотезите и може да бъде определено като генериране и модификация на планове. Механизмът на формиране също използва прогнозирането на последствията от въздействието и предугажда избора на плана за действие, сравнявайки отклика на мисловния модел  $S_3$  (фиг. 4) на планираните въздействия с желаните.



Фиг. 4. Комплексни ММ за вземане на решения:  
 $S$  — наблюдавани сигнали;  
 $S_1$  — еталонни сигнали при нормално състояние;  
 $S_2, S_3$  — изходни сигнали за ММ;  
 $S'_3$  — желани състояния на обекта;  
 $S_4$  — зададен (настройки);  
 $d_1, d_2, d_3, d_4$  — прагове на разпознаване, съответно на отклоненията, на адекватността на хипотезата, на адекватността на плана и на разсъгласуваността при изпълнение

*ММ за изпълнения на типови процедури.* Операторът наново се връща на ниво система на закононосителите, посредством която се осъществяват конкретните въздействия в системата за управление.

На фиг. 4 е показан взаимовръзката на базовите менталните модели, необходими на оператора за успешно управление на техническия обект. Механизмът на формиране на ММ включват базовите ММ (разпознаване на отклоненията, търсене на причините за неизправностите и планиране и изпълнение на процедурите), като в тях в неявен вид се включват тези от по-високото ниво – разпознаване на отклоненията търсене на причините за неизправностите, планиране и изпълнение на процедурите.

### **Заклучение**

В статията се предлага експериментална методология за разработване на концептуален модел и изследване на базови ментални модели на човека като управляваща система (ЧУС) при възприемане, натрупване и обработка на информация и знания, вземане на решения и извършване на управляваща дейност в екстремални условия. Основната цел е да се покажат такива механизми на човека-оператор, посредством които е възможно осъществяване на управление от човек в случаи на отклонения от оптималните му режими на работа и жизнена среда. Дейността (управлението) се разглежда като системообразуващ фактор, обединяващ поведенческите и психофизиологични подсистеми в една система, насочена за достигане поставените пред оператора резултати.

На база на когнитивния подход, отнасящ се към процесите на преработка на информацията (получаване, преработка, структуриране) е предложен комплексен модел на формиране на метални модели на оператора, съответстващи на различните етапи от неговата дейност. Целта е изследването и анализа на психофизиологическите характеристики на оператора и създаване на методика за показване на информационните показатели на функционалното състояние, ефективното управление, надеждността на вземаните решения и индивидуалното обучение на операторите.

*Благодарност:* тази разработка е подкрепена финансово по научноизследователски проект № ДТК 02-59 (2009-2013) в конкурс „Насърчаване на научните изследвания в приоритетни области” на Фонд ”Научни изследвания”.

### **Литература:**

1. Й о р д а н о в, Д., П. Г е ц о в, БЕЗПИЛОТЕН САМОЛЕТ- МОДЕЛИРАНЕ И УПРАВЛЕНИЕ, Third Scientific Conference “SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY” with International Participation, June 2007, Varna, p.137-142. ISSN 1313-3888
2. П о п о в, В., П. Г е ц о в, Кр. С т о я н о в, Човекът като управляваща система - системологичен анализ, Юбилейна научна сесия “30 години Институт за космически изследвания”, стр. 256-258,1999
3. Б о д р о в, В. А., О р л о в В. Я. Психология и надежность: человек в системе управления техникой. М.: ИП РАН. 1998.
4. Д о з о р ц е в, В. М. Оператор в компьютеризированной системе управления: к проблеме построения человеко-машинного интерфейса // Приборы и системы управления. 1998. № 3. С. 39–47.
5. К о у т с, Р., В л е й м и н г И. Интерфейс человек-компьютер. М Мир 1990г. 502 с
6. П а в л у ш е н к о, М., Г. Е в с т а ф ь е в. Макаренко И., Беспилотные летательные аппараты, И-во «Права человека», М, 2005.
7. С а в ч у к, В. Л. Электронные средства сбора, обработки и отображения информации <http://www.ie.tusur.ru/books/COI/index.htm>
8. A n d r e w, P. S a g e, W i l l i a m B. R o u s e, Handbook of Systems Engineering and Management, 2nd Edition Hardcover, 1476 pages, May 2009
9. J o h n s o n-L a i r d, P.N. Mental models and probabilistic thinking. Cognition, N50, .1994, p. 189-209
10. P r e e s e, J.; R o g e r s, Y.; S h a r p, H.; B e n y o n, D.; H o l l a n d, S. Human-Computer Interaction. Wokingham (GB): Addison-Wesley, & Carey, T., 1994.
11. S o l s o R o b e r t, L., COGNITIVE PSYCHOLOGY, 6-th edition, Allyn and Bacon, 2006