

## **ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЧОВЕКА КАТО УПРАВЛЯВАЩА СИСТЕМА В СРЕДА НА ВИРТУАЛНА РЕАЛНОСТ**

**Петър Гецов, Зоя Хубенова, Вилям Попов**

*Институт за космически изследвания - Българска академия на науките*  
e-mail: director@space.bas.bg; zhubenov @space.bas.bg, wpopov@abv.bg

**Ключови думи:** ментален модел, човек, система за управление, виртуална реалност

**Резюме:** В статията се анализира човека като управляваща система с интелект, която се характеризира с наличието на ментален модел, за който се приема, че е когнитивен, интерфейсен модул в основната верига на управлението. Целта е да се изследва динамиката на менталните човешки модели и смисловата трансформация на информацията. Като средство за решаване на тези проблеми, се предлага технологията на виртуалната реалност, основана на потапянето на човек в изкуствения (виртуален) свят и взаимодействието му с обектите и персонажите на този свят. Предложена е примерна архитектура на комплекс за изследване на човек-оператор в среда на виртуалната реалност.

## **STUDY OF MAN AS A CONTROL SYSTEM IN VIRTUAL REALITY**

**Petar Getsov, Zoya Hubenova, William Popov**

*Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences*  
e-mail: director@space.bas.bg; zhubenov @space.bas.bg, wpopov@abv.bg

**Keywords:** mental models, man, control system, information, virtual reality

**Abstract:** The article analyzes man as an intelligent control system, which is distinguished by the existence of a mental model assumed to be a cognitive interface module within the main control sequence. The aim is to explore the dynamics of human mental models and notional transformation of information. As a means to solve these problems, virtual reality technology is proposed, based on man's absorption in an artificial (virtual) world, as well as his interaction with objects and characters in this world. The proposed architecture is a complex study of man-operator in virtual reality.

### **1. Въведение**

Предлаганото от нас изследване се основава на съвременното разбиране за анализ и моделиране на човек като част от ергатична система (ЕС). На основата на дългогодишен опит и изследвания дефинираме човека като сложна многопластова динамична система с интелект, която се характеризира с наличието на ментален модел (ММ), който приемаме за когнитивен, интерфейсен модул в основната верига на управлението и който абстрактно може да бъде определен като логико-времева (темпорална)-алгоритмична структура [1]. Тази структура е информационна среда, в която се формират динамични, алгоритмични модели на обектите на управление и алгоритмите на управление. Процесът на формиране на менталните модели в съзнанието на човека се основават на способността му за обучение. В пространството на ММ се дефинира понятието "ментална дълбочина"  $h$ , която се управлява в зависимост от външната сложност на ситуацията, корелираща със степента на автоматизъм при изпълнение на определен алгоритъм и със скалата "съзнание – подсъзнание" или "съзнателно – автоматизирано" [14].

В системологичен аспект човекът като управляваща система може да се разгледа като сложна йерархично организирана система за управление на три нива: механика, управление, интелект. Механиката и управлението са по своята функционална същност изпълнителната подсистема. В нашата изследване основен обект е интелектът, представен в предлагания концептуален модел основно от менталния модел.

В изследванията върху работата на човешкия мозък се обръща внимание върху това, че разумният човек се справя с непознати ситуации и взема рационални решения, защото може да извлича нови знания от наличния опит и обмисля последиците от тези решения. Хората обработват не само точни, предварително дефинирани данни, но и непълна, противоречива информация, която често няма числов израз. Това означава, че човек ежедневно решава задачи от неструктуриран тип, които нямат алгоритмично решение; величините, с които се оперира не могат да се зададат в числова форма; решението им изисква обработка на информация, която е нееднозначна и динамично се променя; целите на задачата не могат да се изразят чрез точна целева функция. Интелектът на човека е сложен биологичен феномен и не се свежда единствено до решаване на задачи (структурирани или неструктурирани). Но при настоящето ниво на познание и инструментариум не всички видове човешки разсъждения са добре изучени и съответно, е невъзможно да бъдат моделирани, като например, интелектуалните функции творчество, интуиция, въображение.

## 2. Ментален модел и ментален опит

Менталният модел е термин, достатъчно известен в когнитивната психология (Johnson-Laird, Rasmussen J., Nguyen-Xuan A. и др.) и обикновено се използва за обозначаване на спонтанно формирани се структури на субективния опит [3,4,5,9]. ММ са често слабо осъзнати, трудно вербализуеми, а знанията съдържащи се в тях са контекстно опосредствани и се извличат непосредствено в процеса на взаимодействието с обекта. В модела комплексно и взаимосвързано се съхранява информация за управлението на обекта, параметрите на ситуацията при това взаимодействие и наличните средства. ММ по своята същност са „репрезентирани обекти, позволяващи да правим умозаклучения и прогнози за явленията, да вземаме решения за необходими действия и контрол за тяхното изпълнение, и което е най-важното да преживяваме събитията, в които ние не участваме” [7]. Johnson-Laird (1983) предлага типизация на ММ, като разлика между „физически” модели, репрезентирани предметния свят и „концептуални” модели, репрезентирани по-абстрактни форми. „Хората възприемат външния свят по пътя на преработката на информация с помощта на предсъществуващи ментални конструкции, осигуряващи разбирането на заобикалящия ни свят и решаването на възникващите проблеми” (Д. Норд, 1997): „Идеите и идеологиите формират субективните ментални конструкции, с помощта на които индивидите интерпретират обкръжаващия ни свят и правят избор”. Близки твърдения може да се намерят и при Bruce Edmonds – на база на технически прийоми близки до генетичното програмиране, той създава имитационно описание на поведението на агента, което включва популацията на вътрешния модел на агента и описващ обкръжаващата го среда [8].

Други специалисти твърдят, че в дълговременната памет на човека се съхранява огромен обем информация, като достъпа до нея е възможен при определени условия. Понякога се казва, че ММ – това са картата на местността (живота), през който вървим (Tony Buzan). Тя е съставена в миналото и ние се ръководим от нея. Тези мисловни образи се съхраняват в паметта и стават база за следващи, като се създава верига от асоциации [12].

За всеки човек информацията се трансформира в мисловни форми, възникващи в съзнанието му – в неговата репрезентативна система или в неговата картина на света, която заменя неговия реален свят. Основополагащият тезис в случая е, че информацията не е от цифри, букви, картина, фото и пр., а мисловни форми, предизвикани от тези знаци и символи, които по същество са подбудители или стимули, или тригери придобивани (или не придобивани) в течение на живота.

Когато мислим за това, че виждаме, чуваме и усещаме, ние пресъздаваме картини, звуци и усещания вътре в себе си. Ние отново преживяваме информацията в онази сензорна форма, в която първоначално сме я възприели. Мисленето е очевидно и банално действие и ние почти никога не мислим за него (рис. 1).

Ние използваме едни и същи неврологични пътища за вътрешна репрезентация на опита и за непосредственото му преживяване. Едни и същи неврони генерират електрохимични заряди, които могат да бъдат измерени. Мисълта има непосредствена физическа проява, мозъкът и тялото

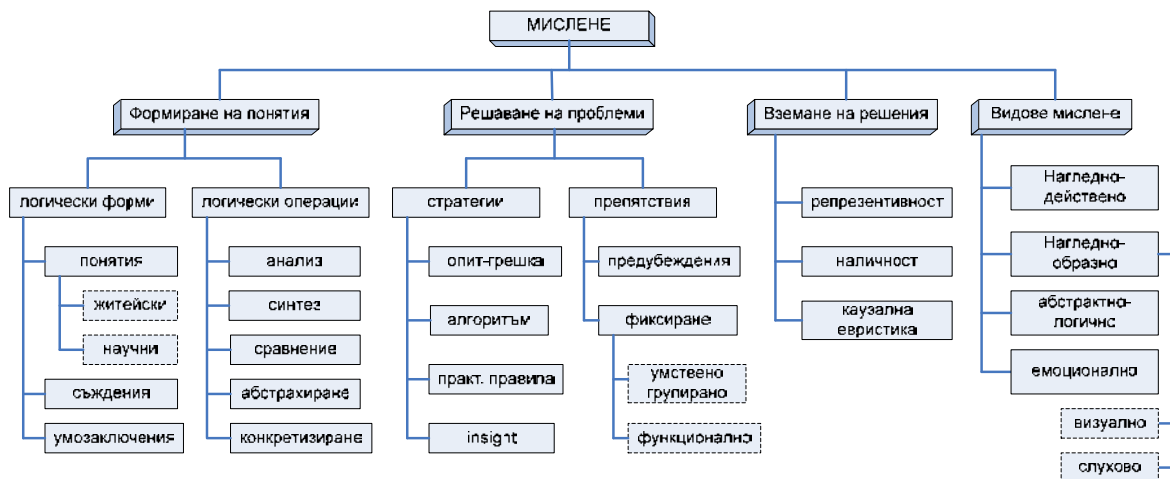


Рис. 1. Основни характеристики и закономерности на мисленето

са една система. Ние използваме своите сетивни органи с външен метод, за да възприемем света, и с вътрешен метод, за да “репрезентираме” (представим) преживяванията на самите себе си. Методите за получаване, запазване и кодиране на информацията в съзнанието – картинки, звукове, усещания, миризми и вкусове, са известни като репрезентативни системи, като се делят на визуални, аудиални и кинестетични [2].

### 3. Ментален модел на човека като управляваща система

Фундаментална особеност на човека като управляваща система е наличието на мисловен интерфейс, чрез който човекът извършва сензорни, когнитивни и моторни дейности. Този интерфейс, наречен ментален модел, абстрактно може да бъде определен като логическа, времева и алгоритмична структура, съхраняваща моделите на обекти на управление, алгоритми на управление, влияние на външни въздействия и с възможност за генериране на нови знания. ММ представляват своеобразни филтри, чрез които ние виждаме света и са обединяващо звено между начините/способите на мислене и действията:

- Човек има собствена уникална картина за света, която се отразява в неговото съзнание във вид на ментални модели, сформирани на основата на минал опит;
- Човек интерпретира света съгласно своите ММ, като за потвърждение на тези интерпретации са му нужни определени знания във вид на факти и причинно-следствени връзки;
- Знанията не идват на готово от вън, а се „конструират” от човека, избирателно от общия поток информация, която не противоречи на неговите ММ;
- С помощта на знанията човек надстроява, реконструира своите ММ, които за него играят роля на мисловни карти (синтез на знания);
- Менталните модели са нужни на човек да действа, а знанията (като „строителен материал” за ММ) са необходими той да действа ефективно;
- Ако човек престане да действа ефективно, то или ММ е неадекватен на новите условия, или са нужни нови знания;
- Изменението на способите на мислене – това са изменения на непродуктивните ММ;
- Знанията, в т.ч. и новите, могат да бъдат както стимул, така и спирачка по пътя на изменение на мисленето.

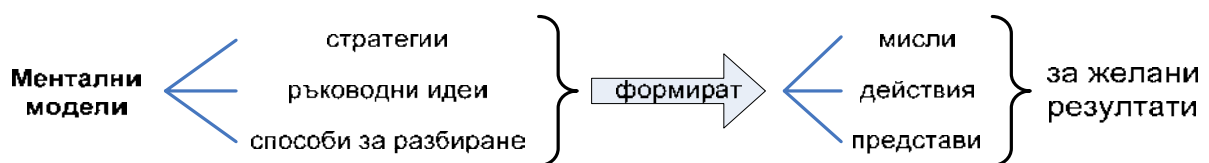


Рис. 2. Ментални модели

Менталните модели са представите на отделния човек за обекта и неговите свойства. Под въздействието на някакъв стимул на мисленето (*метафори, аналогии, идеи, постановки на задачи, въпроси*) се активизират нейроните на мозъка и възникват асоциации (въображаеми образи, картини). Благодарение на асоциациите се формират понятия на различно ниво (концепти – изходни понятия, конструкти – базови понятия), които след това се структурират, създавайки продукти на мисленето (умствена дейност, разум), за решаване на задачата.



Рис. 3. Структурна на ментални модели

В качеството на стимули на мислене могат да се приемат поставянето на цели и задачи, разнообразни *метафори и аналогии*, идеи и въпроси. Основен инструмент е метафората. В резултат на въздействие върху мозъка стимулите на мислене активизират невроните, като възникват мисли-асоциации в вид на въображаеми *образи и картини*, създавайки материал за формиране на понятия. „Конструкта“ е първоначално понятие, представящо някаква страна на обекта на изучаване (управление), или негови части, свойства, характеристики. „Концепта“ е обозначение или наименование на присвоените мисли, обединяващи редица конструкти, което създава нов смисъл – ново базово понятие.

Мисловните форми това са елементи на репрезентативната система - съвкупност от менталния опит, който се състои от слой реален (възприет) опит и слой от ментални постройки /построения/ форми на различни нива - въображаем опит. Нашето поведение възниква вследствие на смес от вътрешни и външни преживявания. Във всеки момент от времето нашето внимание се съсредоточава върху различни части от нашия опит. Реалният опит това е възприемането на сигнали от органите на чувства – визуални, аудиални, кинестетични, тактилни, обонятелни, вкусови в разни съчетания и пропорции за всеки индивид и за всеки случай. Реалният опит винаги се съпровожда от емоционални съставляващи, които към дадения момент могат да бъдат предизвикани от съчетание на различни настроения, подбуди, потребности и пр.

Ментални форми (построения) са такива съчетания от елементи на реалния опит, които не са усетени чрез сетивата, но се считат за възможни – т.е. въображение. Ако трябва да се определи най-общо същността на въображението, то това е познавателен психичен процес, който се състои в създаване на нови психични продукти въз основа на преобразуването на словесно-образния, словесно-понятийния и емоционалния опит на човек [10].

Преоценявайки своите ММ се учим от своя опит – придобитият опит ни променя. Обучението е като обратна връзка – действаме и усвояваме реакциите от своите действия и вземаме решение, които инициират нови действия. Ученето означава да вземаш решения и съобразяваш действията си в резултат на обратната връзка (ОВ): усилваща ОВ – колкото повече действия, толкова е по-силна е реакцията на тях, което повишава количеството на новите решения; управляваща ОВ – отстраняване на разрыва между действително и желано.

ММ това е орязаната действителност – картината на света за човека, заменя неговият реален свят. Идеята е в създаването чрез програмни средства на най-подходяща структура на света (обекта на управление), организирана на различни нива и сектори, с помощта на които човек ще усвоява различни схеми на мислене, приложени към субективния му опит (например фото, видео, аудио, т.е елементи от реалния опит) и реалното взаимодействие за дадения сектор. Идеята е да се моделират две нива:

*Ниво 1-* моделиране на обективния свят с реално взаимодействие на обектите от реалния свят;

*Ниво 2* – моделиране на съзнанието, моделиращо предметния свят с възможностите на виртуалната реалност (VR), т.е. да имитира репрезентативна система на човек.

Целта е да се изследва динамиката на менталните човешки модели и смисловата трансформация на информацията. Всяка работа с информация преминава редица задължителни стадии: въведение, обработка и оценка. В тази връзка се отделят три информационни системи на активност на човешкия мозък: водеща (вкарване на информацията), предпочитана (представяне на информацията в съзнанието) и референтна (оценка на информацията). Всяка от изброените системи може да бъде представена визуално, аудиално и кинестично.

За да се репрезентира информацията, първо трябва да бъде получена. Всеки човек има предпочитани средства за получаване на информация. Съвършената памет би съдържала пълен набор от картини, звукове, усещания, миризми и вкусове на първоначалното преживяване, но за да я възстановим, се обръщаме само към една част на този набор

#### **4. Виртуални решения**

Един от средствата за решаване на тези проблеми е технологията на виртуалната реалност, основана на потапянето на човек в изкуствения (виртуален) свят и взаимодействието му с обекти и персонажите на този свят, което би довело до съществено повишаване на ефективността при функциониране на човекомашинните системи. Понятието «виртуалност» носи фундаментален характер в дейността на човека, понеже засяга нивото на възприятие и преработка на информация от човек в процеса на познанието.

Виртуалната реалност (VR) е сбор от информационни технологии, основани на интерактивен човекомашинен интерфейс, оказващ на сензорната система на човека въздействие, което заменя или допълва действието на естествените дразнителни такива, че му се създава илюзията за взаимодействие със средата, пораждаща изкуствените дразнителни. Тя е на пътя на абсолютния интерфейс между човека и машината. Имитационните модели на сложните технически системи изискват изключително мощни изчислителни средства и са основна сфера на приложение на суперкомпютрите. До сега взаимодействието между човека и компютъра (имитационен модел) като правило, е имал знаков (езиков) характер. В тренажорите, напротив – взаимодействието между модела и оператора основно носи сензорен характер. Парадоксално, но виртуалната реалност се оказва по-примитивно ниво на комуникация – втората сигнална система (езика) отстъпва място на рецепторния контакт. Теоретично VR е абсолютния интерфейс между човека и компютъра, който използва почти всички системи за взаимодействие с външния свят: зрителни, слухови, тактилни, гравитационни и т.н. Интензивността на потока информация през този интерфейс се приближава към интензивността на потока информация през нашите органи на чувствата.

За разлика от компютърното моделиране системите за VR са многофункционални и работят в реално време. На едно и съща машина могат да се построят VR, предназначени за свършено различни цели. Вътре във виртуалния свят може да се моделират не само реални обекти, но и взаимовръзките им, както и да се обединяват с реални връзки, несъществуващи в реалния свят.

Устройството на мозъка на човек е такова, че практически всяко понятие е свързано с някакъв зрителен образ. При търсене на концептуални решения на всяка задача, мисловният процес се осъществява именно на ниво образи, а не на ниво точни изчисления. Ако се разтовари паметта и се предостави на човека възможност да манипулира тези (с «реално» изобразени) образи, търсенето на решения ще става много по-бързо, а самите решения ще са навярно по-малко стандартни.

#### **5. Архитектура и функции и цели на изследователски комплекс**

На рис.4 е показана архитектурата на комплекс за изследване на човек-оператор в среда на VR със основни компоненти:

- система за обработка на информацията и управление - изчислително ядро;
- средства за формиране на обстановка на VR, включващи: шлем (очила) VR, осигуряващи стереоскопично 3-мерно изображение на виртуалната сцена и следене на погледа; електронни ръкавици, осигуряващи усещания за допир, съпротивление, тежест на обектите, определяне на положението на ръката в пространството; акустична система, създава обемни акустични ефекти; платформа, създаваща ефект на пространствено движение, ускорение, въртене;

- система за формиране на изображение и звук, която осигурява разчет и управление на външната среда при натоварване във VR посредством 3-мерна графика и стереоскопичен звук;
- система за формиране на тактилни усещания, която да осигурява подготовка и формиране на усещания при допир, съпротивление и др.;
- система за управление на задвижването на платформата, която осигурява формиране на пространственото положение, движение, въртене;
- система за управление на комплекса от инженер-програмист: подготовка на сеансите за изследване, управление и обработка на резултатите;
- система за подготовка, управление и обработка на резултатите от контрола на психофизиологичното състояние на човека-оператор (ЧО), медицински контрол и от лекар-психолог;
- телеметрия, осигуряваща предаване на данни от реалните прибори и средства VR в системата за обработка на информацията и управление;
- система от датчици и средства за въвеждане на медико-биологична информация (датчиците осигуряват снемане на информация от ЧО, а чрез средствата за въвеждане на медико-биологичната информация се въздейства на Ч с определени дразнителни с цел оценка на реакциите и управление на състоянието му);
- система за предаване на данни, която включва компресиране, възстановяване и контрол на предаваните данни и средства за генериране на външни въздействия;
- специализирани средства за медицински контрол и диагностика, които осигуряват предварителна обработка на резултатите и предаването на информацията в системата за обработка и управление.

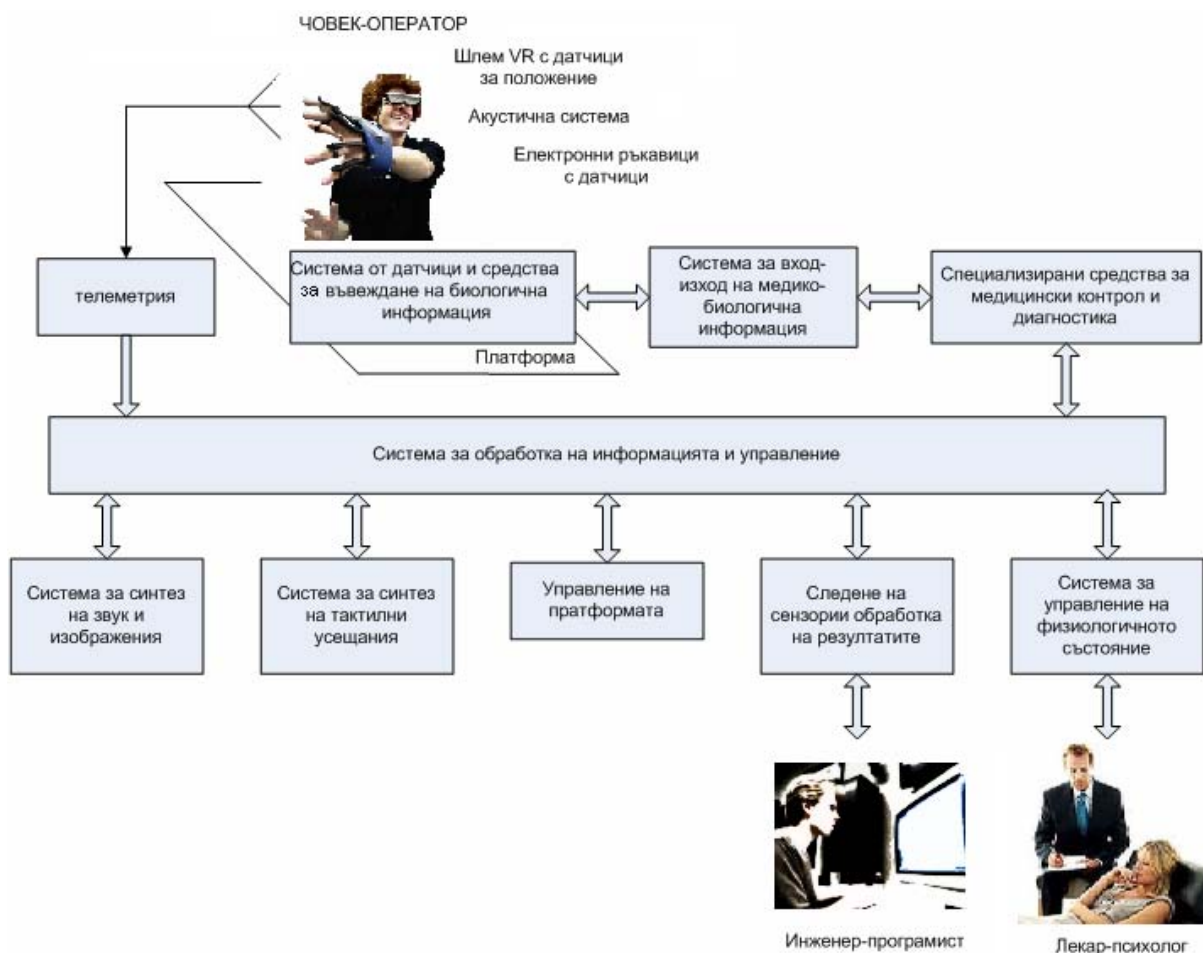


Рис. 4. Архитектурата на комплекса за изследване на човек-оператор в среда на виртуална реалност

Биологичния контрол на ЧО и мониторинга на неговото състояние ще се осъществява от специализирани средства и системи: електроенцефалография, ЕКГ, електромиограма и др.

Използването на интерактивно управление при синтеза на виртуална среда, задавана от специалист, би имала следните цели: създаване на типови и извънредни ситуации и комплексна оценка на реакциите на оператора; намиране на индивидуални методики за адаптация на ЧО в различни ситуации; управление на психофизиологичното натоварване в процеса на изследването; повишаване ефективността на работа на оператора със системите и приборите в различни режими. С използването на медикобиологичните средства пред лекарят-експерт се поставят цели като: оценка и анализ на психофизиологичните свойства на ЧО; въздействие на ЧО и оценка и анализ на резултатите; управление на състоянието на ЧО.

Основната цел на комплекса е да се покажат такива механизми, посредством които е възможно да се изследва човека като управляващо звено за получаване и регистриране на системни показатели, интерактивни към различни видове негови дейности. Теоретична база за разработването на такъв комплекс е концепцията за системния подход при моделиране на човек като управляваща система, елементите на която (физиологични, поведенчески и психични) взаимодействат една с друга в рамките на една организация, целта на която е съхранение на хомеостазата (тонуса).

Дейността (управлението) се разглежда като системообразуващ фактор, обединяващ поведенческите и психофизиологични подсистеми в една система, насочена за достигане поставените пред оператора резултати. Основна цел на експеримента е в определянето на данните на подсистемите, изясняване на механизмите на взаимодействието им и създаването на концепция за човека и неговите управляващи функции.

Дейността на човека като управляваща система се организира чрез средствата на ВР и е свързана с управлението на технически обект в динамично изменяща се среда. В качеството си на модел се предвижда да се използва задача за вземане на решение, свързана с търсене и унищожаване на цел в условия на ограничено време. За качествен показател за изпълнение на задачата се приема времето. На *първия етап* основна цел на експеримента е демонстриране на индивидуалните стратегии на ЧО и последващо тяхно управление на информационно ниво (информационно управление се състои в препоръчване на ЧО на тактически и стратегически решения). Формира се база данни за информационните параметри на дейността и поведението му. На *втория етап* се прави оценка на психофизиологичното състояние на ЧО и се търсят закономерности между параметрите на дейността и психофизиологичните и поведенчески показатели, с цел получаване на причинно-следствени отношения и интегрални показатели.

## 6. Заключение

В тази връзка формализацията, моделирането и изследването на човека в ергатичните системи (ЕС) се оказва важен интердисциплинарен научен проблем, изискващ използване на теорията и методите на много клонове от науката: кибернетика, психология (теория на когнитивните процеси, инженерна психология и др.), физиология, ергономия, математика (размити множества, математическа лингвистика, полумарковски процеси и др.), системен анализ, биомеханика, компютърни науки и т.н.

Ето защо от изключителен интерес е фундаменталното познаване на особеностите и възможностите на човека като управляващо звено. Сега на дневен ред е създаването на теория, алгоритмични и компютърни модели на човека като управляваща система, а мотивите за това са:

➤ Такива модели са по-адекватни на човешката дейност и специфичност и са по-лесно формализуеми.

➤ Само на тяхна основа могат да се синтезират хибридни системи за управление, в които част от човешките функции се предават на машината. Едновременно с това следва да се отчита и неизбежният факт, че създадените от човека технологически устройства не могат да се самообновяват, саморазвиват и адаптират към постоянните промени на действителността и изискат контрол от човека!

➤ Такива модели могат да служат за по-адекватна диагностика на грешките на оператора, неговата степен на обученост (квалификация) и създаване на по-адекватни методи за тестване и подбор на оператори за конкретни дейности.

➤ По-голямата сложност предлага повече алтернативи за избор, повече степени на свобода за действие. Това наличие на повече параметри в модела (по-висока многомерност на пространството на състоянието) води до възможност за по-адекватно моделиране на някои много важни особености и качества на човека като управляваща система: адаптивност, обучаемост и самообучаемост, самонастойка и дори развитие.

### Литература:

1. Гецов П., В. Попов, Кр. Стоянов. "Параметричен модел на човека като управляваща система. Параметричен модел на човешка дейност", 30 години организирани космически изследвания в България (сборник с доклади), И-т за космически изследвания-БАН, София 2000 г., 259-261.
2. Герчева Г. Когнитивна психологията основни проблеми на когнитивната психология, (<http://shmoksy.com/Books/Docs/PsyKognitive.doc>)
3. Джонсон-Лърд Ф. Процедурная семантика и психология значения //ИЗЛ. - Вып. XXIII. - М.: Прогресс, 1988. - С. 234-257.
4. Нгуен-Ксуан А. Ментальные модели физических явлений, связанные с повседневной жизнью (<http://practicalthinking.narod.ru/>)
5. Ришар Ж.Ф. Ментальная активность. Понимание, рассуждение, нахождение решений. - М.: Институт психологии РАН, 1998.
6. Шадриков В. Ментальное развитие человека, Аспект Пресс, 2007 г., с.288
7. Bower G.H., D.J. Morrow. Mental Models in Narrative Comprehension //Science - 1990 - Vol. 247.
8. Edmonds B. and E. Norling, (2007) Integrating Learning and Inference in Multi-Agent Systems Using Cognitive Context . In Antunes, L. and Takadama, K. (Eds.) Multi-Agent-Based Simulation VII, 4442: (<http://cfpm.org/cpmrep159.html>)
9. Johnson-Laird P.N. Mental Models //Foundations of Cognitive Science. - Cambridge (Mass.); London: MIT press, 1989.
10. Kalisz R. On representatives as a class of illocutionary acts //Contrastive Pragmatics. - Pragmatics & beyond NS. - Amsterdam;
11. Rasmussen J., "Mental models and the control of action in complex environments", Mental Models and Human-Computer Interaction 1, D. Ackerman and M. J.Tauber (Editors), Elsevier Science Publishers B.V.(North-Holland), 1990.
12. Tony Buzan. The Mind Map Book (Fully Illustrated Edition) Philadelphia: John Benjamins Publ. Co., 1989.
13. Meyer M. From logic to rhetoric. - Pragmatics & Beyond 7:3. - Amsterdam; Philadelphia: Benjamins, 1986.
14. Vassileva T., W. Попов. "Algorithmic model of human as a ruling system", WDS'03 Proceedings of contributed papers, part I, Mathematics and Computer sciences, Charles University, Prague, 2003, 243-247.