

МЕТОДИЧЕСКИ ПОДХОДИ КЪМ ПРОБЛЕМА ЗА ОЦЕНКА НА ИНФОРМАЦИОННОТО НАТОВАРВАНЕ НА ЧОВЕКА-ОПЕРАТОР В ЕРГАТИЧНА СИСТЕМА

Зоя Хубенова

Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките
e-mail: zhubenova@space.bas.bg

Ключови думи: човек-оператор, ергатична система, информационно натоварване

Резюме: В статията се разглежда предмета и методите за оценка на информационното натоварване на човека-оператор в ергатичната система в зависимост от дейността му. Предложените методи дават възможност да се оцени динамиката на умора в зависимост от изменението на познавателните процеси с цел, създаване на условия за оптимално информационно взаимодействие на човека и техниката.

METHODIC APPROACHES TO THE PROBLEM OF ESTIMATING THE INFORMATION LOAD EXERTED ON THE MAN-OPERATOR WITHIN AN ERGATIC SYSTEM

Zoya Hubenova

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: zhubenova@space.bas.bg

Keywords: man-operator, ergatic system, information load.

Abstract: The article examines the purpose and methods for estimating the information load exerted on the man-operator within an ergatic system depending on its activity. The proposed methods allow to assess the tiredness dynamics depending on the modification of cognitive processes in order to create conditions for optimal information interaction between man and technology.

1. Въведение

Проблемът за точен теоретичен анализ и критерии за оценка на човешкия фактор в ергатични системи с отчитане на информационните процеси в психиката на човека са един от най-актуалните проблеми на съвременната кибернетика и теоретична и приложна психология. Сложният системен, йерархичен строеж на процесите на приемане и преработка на информацията предявяват високи и специфични изисквания към методите за техния теоретичен анализ и нивото на експерименталните изследвания.

В последните години се наблюдава сближаването на математическите, кибернетичните и психологически методи за изследване не само на резултатите, но и на структурата, функционирането и генезиса на информационните процеси, съставляващи съществена част от психическите процеси на човека. При това, независимо от множеството различни направления и теоретични школи, се открива обща закономерност в подходите за анализ и във възгледите за природата на посочените психически процеси. Тази закономерност се проявява в сближаването на методологическите основи на различните концепции по отношение на задълбочаване и разширяване на експериментално-психологическите изследвания.

В съществуващите ергатични системи главно внимание се отделя на антропометричните, физиологическите, и психологическите особености на оператора [1, 2, 3, 7].

Това от своя страна определя структурата на системата за информационно осигуряване на дейността на оператора, вида и състава на средствата за изобразяване, съвкупността на информационните модели и формите на представяне на информацията за обекта на управление, както и на всяка друга информация, необходима за нейната оценка. На оператора се представя тази информация за обекта на управление, която е обработена в системата за информационно осигуряване на дейността на оператора, без отчитане на следните фактори [8]: необходимостта от дадената информация на оператора; способите за обработка на информацията от оператора; съответствие на информацията на решаваните от него задачи; условия, съответстващи на дейността на оператора.

Изхождайки от това, методите за разработване на системата за информационно осигуряване на дейността на оператора за оценка на обекта на управление, трябва да включват следните компоненти:

- анализ на информационното осигуряване на процеса на оценка на обекта на управление от оператора;
- определяне на информационните признаци, осигуряващи оценка на обекта на управление и обосноваване на състава на информационните елементи, представени на средствата за изобразяване на информация за оперативна оценка на обекта на управление;
- разработване на структурата и изискванията към формата на представяне на информационните елементи, които най-пълно съответстват на характера на дейността на оператора при оценка на обекта на управление.

2. Постановка на проблема

Математическият апарат за описване на психическите явления, използван в съвременните математико-психологически концепции, се опира на математическата теория на алгебричните структури, теорията на разпознаване на образи, теорията на информацията, теория на адаптивните системи и др. При това съществено е определянето на операционните отношения и структура на преобразуванията и съществуващите инварианти на техните резултати относно определени съвкупности преобразувания.

Методите за разработване на системата за информационно осигуряване на дейността на оператора за оценка на обекта на управление, принципно включват следните компоненти: анализ на информационното осигуряване на процеса за оценка на обекта на управление от оператора; определяне на информационните признаци, осигуряващи оценка на обекта на управление и обосноваване на състава на информационните елементи, представени на средствата за изобразяване на информация за оперативна оценка на обекта на управление; разработване на структурата и изискванията към формата на представяне на информационните елементи, които най-пълно съответстват на характера на дейността на оператора при оценка на обекта на управление. Такава постановка на проблема в този или друг вид намира своето потвърждение в основата на "рационалните" математически модели, разработени в последното десетилетие в рамките на самата психология, в приложната математика, в кибернетиката, в модели, които за съжаление, обхващат определени частни аспекти в общата проблематика.

Изхождайки от това произтичат и следните основни положения при разработване и обосноваване на подход за количествена оценка на информационното натоваване на оператора: 1) В съответствие с експерименталните резултати, потвърждаващи случайния характер на ответната реакция на човека даже на априори известен детерминиран сигнал, дейността на оператора е необходимо да се разглежда като стохастичен процес, а него самия – като стохастическа система, притежаваща някои адаптивни свойства; 2) В качеството на основа на информационното описание и последващ анализ на дейността на оператора в системите за контрол и управление е необходимо да се използва модел на нестационарен дискретен канал за връзка с дискретно време. Целесъобразно е също така да се приеме, че в оперативната и дълговременна памет на оператора се съхранява информация за целите на функциониране и оценка на качеството на дейността, т.е. съществува определена "инструкция" и постановка за изпълнение на задачата; 3) За това, да може да се оценява работната характеристика на оператора при приемане и преработка на информацията се въвежда понятието *типова единица на функциониране на оператора ТЕФ*. Под това понятие се разбира съвкупността от операции и действия на оператора, свързани с търсенето, намирането и опознаването на даден сигнал – елемент от входното L_x , а също и неговата логическа обработка и формиране на ответна реакция – елемент от изходното L_y (L_x и L_y са съответно пространствата от събития в рамките на използвания модел на канала за връзка). По същество, ТЕФ може да се разглежда като някаква елементарна единица от дейността на оператора, притежаваща

ограничена пространствена и времева продължителност. В количествено отношение естествено е ТЕФ да се характеризира, първо с крайна продължителност във времето и второ с определена информативност, т.е. с това количество информация, което преработва операторът при неговата реализация.

Използвайки по този начин въведеното понятие ТЕФ, функционирането на оператора като процес е възможно да се опише като стохастична последователност от непресичащи се ТЕФ. Тогава всеки краен промеждутък от време на функциониране на оператора може да се представи крайна сума от случаен брой случайни събираеми, съответстващи на дискретните времеви интервали на реализация на ТЕФ в порядък на тяхното следване, започвайки от $t = 0$.

Така както ТЕФ не се пресичат, то може да се приеме, че края на предишния отчет и началото на следващия във времето съвпадат. Това предположение се съгласува с известната в инженерната психология хипотеза за последователната структура на процеса за преработка на информацията от оператора.

Въз основа на горното могат да се формулират основните принципи за системно-информационно описание на дейността на оператора при решаване задачите за контрол и управление:

- Информационния обмен между обекта за управление и управляващата система – това е обективна реалност, не зависи от наличието или липсата на оператор в структурата за управление.

- Количеството информация циркулираща в контура на управление, преди всичко е функция за структурата и динамичните свойства на обекта за управление, на зададените критерии за качество на неговото поведение във времето, на зададената точност за контрол на неговото състояние, а също на характеристиките на външната среда.

- В рамките на системно-информационния подход всички индивидуални психологически характеристики на оператора в интегрален вид се проявяват в неговата способност или неспособност за обработка на обективно съществуващите потоци информация, постъпващи към него в съответствие с приетото разпределение на функциите за контрол и управление.

- Задачата на оператора в системите за контрол и управление се свеждат до генерация от определени реакции – елементарни събития от крайно дискретно пространство от изходни събития L_y в отговор на определени състояния на информационния модел на системата - на събития от дискретно крайно пространство на входните събития L_x . Тази задача се решава от оператора с помощта на типови единици на функциониране, които не се пресичат във времето и в първо приближение, не зависят от предисторията на системата като цяло. В тези условия за описание дейността на оператора е целесъобразно използването на модел на дискретен канал за връзка без памет (в теоретико-информационен смисъл) и му се дефинират някои специални характеристики.

- Използването на предложения подход трябва да позволи да се реши задачата за оценка на количеството информация, фактически преработвана от оператора, да се определи степента на неговата информационна натовареност и да се прогнозира информационната му претовареност в системите за контрол и управление.

3. Синтез на системно-информационен модел на дейността на оператора

По определение под пространство от входни събития на канала ще се разбира множеството различни за оператора състояния на съвкупността от индикатори, индикаторни устройства, разположени на информационния модел на системата.

Нека n е общия брой индикатори на разглеждания панел и $q_i, i = 1, 2, \dots, n$ - броя на различимите за оператора състояния на i -тия индикатор. Тогава, използвайки теоремите от комбинаториката, може да се покаже, че общия брой различни състояния на такъв многоелементен панел се дава с:

$$(1) \quad N = \prod_{i=1}^n q_i$$

Да означим чрез $x_j (j = 1, 2, \dots, N)$ произволен j -тий елемент на входното пространство L_x на канала или все едно j -тото различимо състояние на информационния панел на системата.

Под пространство от изходни събития на канала L_y , по определение ще разбираме

множество различни за обекта състояния на съвкупността от органи за управление, като е целесъобразно за разглежданата система за управление пространствата L_x и L_y да са с еквивалентен по брой елементи. Това позволява преномериране на елементите на пространството от входни събития L_y така, че елемент y_i да съответства на това управляващо въздействие на оператора, което трябва да бъде реализирано при състояние на информационния панел X_j .

За характеристика за функциониране на канала във времето може да се въведе върху интересуващия ни промеждутък от време $0 \leq t \leq T$ такава подредена система от моменти $0 = t_0 < t_1 < t_2 \dots < t_{v-1} < t_v \dots t_k = T$, че продължителността на произволна v -та ТЕФ на оператора да бъде съответната величина $\delta_v = t_v - t_{v-1}$, където: $v = 1, 2, \dots, k$.

Тогава изчерпателното статистическо описание за пространството на входните събития на канала L_x може да бъде получено, ако за всяко $j = 1, 2, \dots, N$ се зададат безусловните вероятности $P(x_j, v) = 1$ за реализация на елемента x_j в отрязъка от време, съответстващ на v -тата ТЕФ на оператора в реда на следване от момента $t = 0$.

Съгласно условието за нормировка за всяка произволна v -та ТЕФ указаните по-горе безусловни вероятности за реализация на елемента x_j от L_x удовлетворяват съотношението:

$$(2) \quad \sum_{j=1}^N P(x_j; v) = 1$$

За по-нататъшно разглеждане е удобно да се третираат вероятностите $P(x_j, v)$ като v -проекция на N -мерен вероятностен вектор на различимите състояния на информационния панел:

$$(3) \quad P(X; v) = \{P(x_1; v), P(x_2; v), \dots, P(x_N; v)\} .$$

Нека, стойността на $P(y_j, v)$ да характеризира безусловната вероятност за реализация на y_j -то управляващо въздействие на оператора в интервала време в v -тата ТЕФ.

Тогава:

$$(4) \quad P(Y; v) = \{P(y_1; v), P(y_2; v), \dots, P(y_N; v)\}$$

също може да се разглежда като N -мерен вероятностен вектор на различимите управляващи въздействия на оператора, съответстващи на v -тата ТЕФ.

Тогава в рамките на разглежданата структура на процесите ще може да се изрази математическия модел за дейността на оператора със следната формула:

$$(5) \quad P(Y; v) = \Psi[P(X; v), v] ,$$

където Ψ е символ в общия случай на нестационарно преобразование на дискретни последователности на различни състояния на информационния панел (елементи на пространството L_x) в дискретна последователност на различимите за обекта управляващи въздействия на оператора (елементи на пространството L_y). Физическият смисъл на това преобразование е очевиден – действително по смисъла на задачата решавана от оператора в рамките на разглежданата структура на дейността му и при отсъствие на грешки във формирането и реализацията на управляващото въздействие, операторът е длъжен в отговор на всяко x_j -то състояние на информационния панел с вероятност единица да реализира съответстващото на него зададено управляващо въздействие y_j . Вижда се, че в този частен случай (5) приема вида:

$$(6) \quad P(Y; \nu) = P(x; \nu) \cdot M_1,$$

където M_1 е единична матрица с размерност $N \times N$

В условията на реална дейност се налага да се вземат под внимание различните грешки на оператора, като звено от управляващата система. В термините на предлагания модел на оператора появата на указаните грешки следва да се обяснят с наличието на ненулеви вътрешни шумове на канала за връзка. Вследствие на това при всяко входно събитие от L_x съществува ненулева вероятност за реализация на всяко от управляващите въздействия, предвидени в конструкцията на пулта за управление на системата, т.е. на кой да е елемент от пространството L_y .

Въз основа на формулите за пълна вероятност за безусловната вероятност $P(y_i, \nu)$ за реализация на y_i -то управляващо въздействие за дискретен интервал от време, съответстващ ν -тата ТЕФ на оператора, може да се запише:

$$(7) \quad P(y_i; \nu) = P(x_1; \nu) \cdot P_\nu(y_i / x_1) + P(x_2; \nu) \cdot P_\nu(y_i / x_2) + \dots + P(x_i; \nu) \cdot P_\nu(y_i / x_i) + \dots + P(x_N; \nu) \cdot P_\nu(y_i / x_N),$$

където $i = 1, 2, \dots, N$, а индекса ν в условната вероятност $P_\nu(y_j / x_i)$ подчертава свойството нестационарност на използвания математически модел на канала, в следствие на което условните вероятности са функции на предния номер на ефективността на съответната ТЕФ започвайки от момента $t = 0$.

На основа на тази функционална зависимост от номера на ТЕФ възниква възможност за отчитане на такива специфични характеристики на оператора, като адаптация към ситуацияите, приспособяване към работата, уморяемост, способност за усъвършенстване на дейностите в процеса на обучение и т.н.

От съотношение (7), изпълнено за всички $i = 1, 2, \dots, N$, се вижда, че в този общ случай (5) се привежда във вида:

$$(8) \quad P(Y; \nu) = P(x; \nu) M(\nu),$$

където $M(\nu)$ е матрицата на условните вероятности с размерност $N \times N$. Структурата на тази матрица има вида:

$$(9) \quad M(\nu) = \begin{pmatrix} P_\nu(y_1 / x_1); P_\nu(y_2 / x_1); \dots P_\nu(y_N / x_1) \\ P_\nu(y_1 / x_2); P_\nu(y_2 / x_2); \dots P_\nu(y_N / x_2) \\ \dots \\ P_\nu(y_1 / x_N); \dots P_\nu(y_N / x_N) \end{pmatrix}$$

Матрицата $M(\nu)$ от (9) удовлетворява всички признаци на стохастична матрица, доколкото всички нейни елементи са неотрицателни, не превишават единици и сумата от елементите от всеки ред е равна на единица. Тази матрица е специфична за всеки оператор в този смисъл, че отразява неговите индивидуални характеристики, свързани с приема и преработката на информация в рамките на разглежданата структура на дейност. Още повече, може да се каже, че тази матрица в компресирана форма отразява процесите за подготовка, вземане и реализация на решенията на сензорно-перцептивно ниво при решаване на задачата по установяване на съответствие от зададен вид между L_x и L_y . От изключително значение е, че тя отчита и целият комплекс условия по представянето и полезното използване на информацията. Разбира се в тази степен, в която тези условия влияят на грешните действия на оператора.

Отсъствието на съдържателни психологични модели за функционирането на оператора в задачи от такъв тип не позволява на дадения етап да се използват аналитични методи за пресмятане елементите на матрицата $M(\nu)$. Обаче във всеки конкретен случай дейността на

оператора матрицата $M(\nu)$ без особени принципни затруднения може да бъде получена експериментално [4, 5, 8].

В процеса на указаните експерименти се изясняват недостатъците във формирането на информационните панели и пулта за управление, а също се дава възможност за сравнение между различните оператори да се оценява тяхната близост до "идеалния".

Може да се приеме, в съответствие с предходното изложение, че "идеалния оператор" реализира зададеното еднозначно и без грешка изображение на входните сигнали – елементи от L_x на множеството изходни управляващи въздействия - елементи от L_y . Тогава обективното съждение за недостатъците на конструкцията на системата и оценката за функционирането на реалния оператор може да се получи на основата на сравнение между експериментално получената матрица $M(\nu)$ с единична матрица от същата размерност, отговаряща на идеално функциониращия оператор.

Получените по-горе математически модели за дейността на оператора (6) и (8) заедно с матрицата (9) могат да бъдат непосредствено използвани за оценка степента на фактическата информационна натовареност на реалния оператор.

За целта се разглежда произволна ν -та ТЕФ за интервала от време за функциониране на оператора. Нека x_μ е състоянието на информационния панел, отговарящ на този отчет. При формиране на реакция на това състояние операторът вследствие наличието на вътрешни шумове, може да допусне грешка и да внесе в обекта всяко управляващо въздействие $y_j, j = 1, 2, \dots, N$, предвидени в конструкцията на пулта за управление. Разпределенията на вероятностите на тези въздействия в рамките на използвания математически модел се дава с μ -ти ред от матрицата $M(\nu)$. Съвкупността от условни вероятности този ред от матрицата определя частната условна ентропия на управляващите реакции на оператора при фиксиран входен сигнал:

$$(10) \quad H_\nu(Y/x_\mu) = - \sum_{j=1}^N P_\nu(y_j/x_\mu) \log_2 P_\nu(y_j/x_\mu) .$$

Ако тази ентропия се усредни по всички възможни състояния на информационния панел на ν -тия дискретен канал с отчитане вероятността за тяхната реализация, то ще се получи общата условна ентропия:

$$(11) \quad H(Y/X) = - \sum_{\mu=1}^N P(x_\mu/\nu) \sum_{j=1}^N P_\nu(y_j/x_\mu) \log_2 P(y_j/x_\mu) ,$$

характеризираща средната неопределеност на управляващите реакции на оператора под въздействието на вътрешни шумове в ν -тия интервал.

Естествено, че при идеално функциониране на оператора частната и обща условна ентропия от (10) и (11) са равни на 0, така както елементите от всеки ред от матрица $M(\nu)$, освен диагоналните, са равни на 0, а диагоналните елементи са равни на 1.

Определянето на информативността на ν -тата ТЕФ, т.е. количеството информация, което операторът фактически преработва през съответния промеждутък от време, може да се извърши на базата на известната в теорията на информацията формула за средната взаимна информация $I_\nu(Y, X)$ между елементите на входното и изходното пространство на канала във вида:

$$(12) \quad H(Y, X) = H_\nu(Y) - H_\nu(Y/X)$$

По определение ентропията $H_\nu(Y)$ от формула (12) се формира на основата на съставляващия вектор $P(Y, \nu)$ във вида:

$$(13) \quad H_\nu(Y) = - \sum_{i=1}^N P_\nu(y_i; \nu) \log_2 P(y_i; \nu)$$

На свой ред, вероятността $P(y_i, \nu)$ се намира от съотношението (8), отразяващо общия случай на функциониране на оператора.

Поставяйки (11) и (13) в (12) се получава израз за количеството информация, преработвана от оператора в течение на ν -тата ТЕФ:

$$(14) \quad I_{\nu}(Y, X) = - \sum_{i=1}^N P(y_i; \nu) \log_2 P(y_i; \nu) + \\ + \sum_{\mu=1}^N \sum_{j=1}^N P(x_{\mu}; \nu) \cdot P_{\nu}(y_i / x_{\mu}) \log_2 P_{\nu}(y_j / x_{\mu})$$

От (14) се вижда, че в случай на функциониране без грешки на ν -тия интервал количеството на обработената от него информация ще е равна на :

$$(15) \quad I_{\nu}(Y, X) = - \sum_{i=1}^N P(x_i; \nu) \log_2 P(x_i; \nu) ,$$

т.е. числено съвпада с ентропията на различимите състояния на информационния панел в промеждутък от време, съответстващ на ν -тата ТЕФ.

Съотношенията (14) и (15) позволяват непосредствено да се премине към разпространение на системно-информационния модел на дейността на оператора на крайни интервали от време, обхващащи произволна последователност ТЕФ. Очевидно, че за тези цели приведените по-горе съотношения трябва да бъдат допълнени със изрази, характеризиращи последователността на работата на оператора във времето.

При необходимост да се отчита още и преобразованието и изменението на характеристиките за работоспособност на оператора в интервала на функциониране, вследствие обучаемост, умора, под въздействие на стрес и т.н., то параметрите на горните разпределения трябва да бъдат специфични за всеки ν отчет. За тази цел необходимата изходната информация за описание на функционирането на оператора във времето е целесъобразно да се представи във вид на матрична функция на разпределение на вероятностите:

$$(16) \quad F(N; K; \theta) = \begin{pmatrix} F_{11}(\theta) & F_{12}(\theta) & \dots & F_{1K}(\theta) \\ F_{21}(\theta) & F_{22}(\theta) & \dots & F_{2K}(\theta) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ F_{N1}(\theta) & F_{N2}(\theta) & \dots & F_{NK}(\theta) \end{pmatrix}$$

Матрицата $F(N; K; \theta)$ има размерност $N \times K$ при което номерацията на редовете на матрицата съвпадат с номерацията на елементите на пространството на входните събития L_x , а номерацията на стълбовете съответства на поредния номер на ТЕФ, реализирани от оператора от момента $t = 0$. Произволният елемент $F_{ij}(\theta)$ на матрицата по физически смисъл представлява интегралния закон за разпределение на времевите загуби δ_{ij} за реализация на j -тата ТЕФ, съответстваща на елемента x_i от пространството на входните събития.

И в този случай, както и преди заради липса на необходимите теоретични данни няма възможността на този етап да се проведат аналитични изчисления на елементите на матрицата (16). Естествено, възможният път за практическото ѝ определяне е в сбора, систематизацията и обобщението на статистическите данни по експерименталното изследване на дейността на операторите с използване на многоелементни информационни панели. Получените съотношения (14) и (15), разглеждани в съвкупност с матрицата (16) представляват необходимите елементи за информационно описание на функционирането на оператора в рамките на разглежданата структура на дейностите и позволяват да се извърши оценка на количеството информация, преработвана от оператора за крайни интервали от време.

4. Изводи

В настоящата статия е предложен подход, на базата на който са получени апостериорните оценки на информационното натоварване на оператора и е анализиран конкретен пример за прогнозиране на натоварването на оператора в системи, работещи по регулярна времева програма.

Перспективните възможности за приложение на предложеният подход за оценка на операторската дейност в широк клас задачи за контрол и управление е в две важни направления.

Първото от тях предполага по-нататъшно развитие и приложение на метода за интегрални информационни оценки с последващо усложнение на канала за връзка, включване на паметта и последствието в канала. Този път дава възможност да се построи удовлетворително описание на надеждността и ефективността на работа на оператора в реалните системи за контрол и управление; той позволява да се получат сравними описания на функционирането на “човешката” и “техническата” част на цялата система. При наличие на достатъчно пълен емпирически материал – инженерно-психологически и експериментално-психологически данни за работата на оператора при приемане и преработка на сигнална информация, изложеният тук метод дава възможност ефективно да се прогнозира реалните информационни натоварвания на оператора в системите.

Вторият път е свързан с теоретико-психологическия анализ, експериментално-психологическото обосноваване и използването на предложения тук модел на “идеалния оператор”. Структурния анализ на особеностите на сензорно-перцептивните процеси и построяването на формални модели на тези процеси дават възможност да се получат използваните в тази работа матрици, характеризиращи работата на оператора, не само емпирически, но и позволяващи компютърен анализ на възможните варианти за синтез на интегрални информационни оценки на дейността на човека-оператор с оценка на логическите структурни особености на психическите процеси, отговорни за протичане на тази дейност.

Литература:

1. Б о д р о в, В. Анализ психофизиологических характеристик человека-оператора. М, Наука, 1997.
2. Д у ш к о в, Б. А., А. В. К о р о л е в, Б. А. С м и р н о в. Основы инженерной психологии, М, 2002.
3. З а в а л о в а, Н. Д. и др. Образ в системе психической регуляции деятельности. М, 2002
4. М о р г а н, К., А. Ч а к а н и с и др., Инженерная психология в применении к проектированию оборудования, Москва, Машиностроение, 1971г.
5. С т р е л к о в, Ю. К. Инженерная и профессиональная психология, М, Академия, 2001
6. L e f e b v e r, V.A. The Formula of Man an outline of Fundamental Psychology, University of California q Irvine,1991
7. G a v r i e l S a l v e n d y, Handbook of Human Factors and Ergonomics, Hebouenq New Jersey, 2006,
8. N e v i l l e S t a n t o n, P a u l S a l m o n, G u y W a l k e r, C h r i s B a b e r, D a n i e l J e n k i n s, Human Factors Methods: A Practical Guide for Engineering And Design, Podstow, Cornwall, 2005,565 p.