УДК 378.14 ♦ ВАК 13.00.02 ♦ РИНЦ 14.35.09
DOI: http://dx.doi.org/10.21686/2500-3925-2020-5-59-67

А.А. Солодов[1], Т.Г. Трембач[2]

[1] Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Москва, Россия
[2] Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва, Россия

Стохастическая динамика эмоциональных характеристик когнитивных систем*

Цель исследования *состоит в аналитическом описании эмоционального состояния личности с применением стохастических методов и в изучении динамических характеристик этого состояния. В исследовании применены статистические характеристики, пригодные для создания искусственных интеллектуальных систем, а также для дальнейшего развития и проектирования организационно-технических систем. Предполагается, что эмоциональное состояние личности определяется величиной испытываемых им стрессов на протяжении определенного времени. Для учета эмоциональных реакций когнитивной системы, соответствующих реакциям человеческой личности, использованы известные результаты. В частности, для характеристики относительных величин стрессов использована шкала Холмса и Раэ, содержащая 43 типичные жизненные ситуации с соответствующими относительными величинами стрессов. Следует подчеркнуть, что все известные результаты относятся к моделям стрессов, не зависящим от времени, и опубликованы только результаты статистической обработки измерений воздействия стрессов на личность через определенные промежутки времени.*
Материалами и методами исследования *является применение пуассоновской модели возникновения стрессов в процессе функционирования системы. Предполагается, что стрессы являются теми воздействиями, которые затем обрабатываются, воспринимаются, перерабатываются, используются личностью и моделирующей ее организационно-технической системой. Возникновение стрессов во времени и моделируется точечными пуассоновскими процессами, причем стресс каждого вида по Холмсу и Раэ описывается процессом с соответствующей индивидуальной функцией интенсивности возникновения точек (стрессов). Динамические реакции системы описываются хорошо известными в теории систем управления функциями отклика. Ключевым параметром функции отклика является постоянная времени, характеризующая типичное время реакции системы на индивидуальный стресс.*
Новыми ***результатами*** *исследования являются оценки средней частоты появления стрессов различной вида, позволившие определить упомянутые функции интенсивностей появления стрессов в пуассоновской модели. Это, в свою очередь, дало возможность разработать аналитические соотношения для относительной величины стресса, переработанного системой для текущего момента времени. Таким образом, предложена модель эмоционального состояния когнитивной системы (развития во времени процесса переживания стресса) в виде убывающей функции времени с некоторой постоянной времени, характеризующей инерционные свойства переживания стресса. Конкретные результаты и соответствующие кривые получены для экспоненциальной функции отклика системы, зависящей от текущего времени, времен появления стрессов и относительных величин стрессов. В целом они соответствуют соответствующим прогнозам аналогичных реакций для личности, полученным в опубликованных исследованиях. В связи с этим модель может быть применена в инженерном проектировании организационно-технических систем, требующих учета или моделирования эмоциональных реакций.*
В заключении *указаны направления дальнейшей разработки теории. Упомянута, в частности, возможность изучения реакции системы на события, появление которых описывается функциями интенсивности их появления, зависящими от времени, что, конечно, приблизит результаты исследования к реальным ситуациям. Другим важным направлением может стать введение в рассмотрение и изучения поведения показателей и критериев стрессоустойчивости систем.*

Ключевые слова: *Шкала Холмса и Раэ, эмоциональный стресс, когнитивная система, точечный случайный процесс, функция отклика.*

Aleksandr A. Solodov[1], Tatyana G. Trembach[2]

[1] Kosygin Russian State University, Moscow, Russia
[2] Moscow Aviation Institute (National Research University),Moscow, Russia

Stochastic Dynamics of Emotional Characteristics of Cognitive Systems

The aim of the research *is to analyze the emotional state of a person using stochastic methods and to study the dynamic characteristics of this state. The study uses statistical characteristics that are suitable for creating artificial intelligent systems, as well as for further development and design of organizational and technical systems. It is assumed that the emotional state of a person is determined by the amount of stress he experiences over a certain period of time. To account for the emotional responses of the cognitive system corresponding to the reactions of the human personality, the known results are used. In particular, to characterize the relative values of stress, the Holmes and Rahe scale was used, which contains 43 typical life situations with corresponding relative values of stress. It should be emphasized that all known results relate to time-independent stress models, and only the results of statistical processing of measurements of the impact of stress on the individual at certain time intervals are published.*
Materials and methods *of research are the application of the Poisson model of stress occurrence in the process of system functioning. It is assumed that stresses are those impacts that are then processed, perceived, processed, and used by the individual and the organizational and technical system that models it. The occurrence of stresses over time is modeled by point Poisson processes, and the stress of each type according to Holmes and Rahe is described by a process with the corresponding individual function of the intensity of the occurrence of points (stresses). Dynamic responses of the system are described by well-known response functions in the theory of control systems. The key parameter of the response function is the time constant, which characterizes the typical response time of the system to individual stress.*
New results *of the study are estimates of the average frequency of occurrence of various types of stress, which allowed us to determine the mentioned functions of the intensity of occurrence of stress in the*

*Статья написана при поддержке РФФИ, проект 18-07-00918

Poisson model. This, in turn, made it possible to develop analytical relations for the relative amount of stress processed by the system for the current time. Thus, a model of the emotional state of the cognitive system (the development of the process of experiencing stress over time) is proposed in the form of a decreasing function of time with a certain time constant that characterizes the inertial properties of experiencing stress. Specific results and corresponding curves are obtained for the exponential response function of the system, which depends on the current time, times of stress occurrence, and relative stress values. In general, they correspond to the predictions of similar reactions for the individual obtained in published studies. In this regard, the model can be applied in the engineering design of organizational and technical systems that require accounting or modeling of emotional reactions.

***In conclusion**, the directions of further development of the theory are indicated. In particular, the possibility of studying the reaction of the system to events, the occurrence of which is described by functions of the intensity of their occurrence, depending on time, which, of course, will bring the research results closer to real situations. Another important area may be the introduction of indicators and criteria for stress tolerance of systems to the consideration and study of behavior.*

***Keywords:** the Holmes and Rahe Scale, emotional stress, cognitive system, point random process, response function.*

Введение

На современном этапе развития теории организационно-технических систем актуальным является сочетание достижений компьютерных технологий и когнитивных подходов. Одним из направлений теории организационно-технических систем является применение цифрового представления информации и ее обработка с применением алгоритмов, реализуемых вычислительными средствами [1, 2, 3]. Однако очевидно, что существуют такие ситуации, в которых человеческие реакции действуют значительно эффективнее, интерпретируя нестандартные, новые ситуации с целью выработки адекватного реагирования. В связи с этим большой интерес представляют попытки моделирования некоторых механизмов человеческого сознания и восприятия в рамках когнитивного подхода [1, 2, 4, 5, 6].

Для учета эмоциональных реакций когнитивной системы, соответствующих реакциям человеческой личности необходимо, конечно, принять во внимание соответствующие известные результаты. В дальнейшем будем полагать, что эмоциональное состояние личности определяется величиной испытываемых им стрессов на протяжении определенного времени.

Изучению стрессов, влияющих на поведение личности, и их связи с физическими заболеваниями посвящено множество публикаций. Основополагающей работой, следует считать [7], в которой отчетливо были представлены относительные величины стрессов (*life change units – LCUs)*, сопровождающие типичные жизненные ситуации. Эти результаты были оформлены в виде таблицы, содержащей 43 типичные жизненные ситуации с соответствующими относительными величинами стрессов, которая получила название шкалы Холмса и Раэ.

Дальнейшие усилия исследований были направлены в том числе на определение связи между набранной в течение определенного времени суммой величины относительного стресса и вероятностью последующего заболевания в течение определенного времени. В [8] было проведено соответствующее исследование и сформулированы количественные соотношения между набранными баллами по шкале Холмса и Раэ и шансами заболеть в течение следующих двух лет.

Несмотря на широкое использование указанной шкалы в многочисленных исследованиях, вплоть до последнего времени отсутствуют результаты, связанные с аналитическим описанием развития стрессов во времени. В настоящей работе предпринято построение стохастической модели реакции личности на стресс и на ее основе получены соотношения, пригодные для инженерных расчетов.

В дальнейшем предполагается, что стрессы являются теми воздействиями, которые затем обрабатываются, воспринимаются, перерабатываются, используются личностью и моделирующей ее организационно-технической системой. При этом формируются концепты-представления, являющиеся обобщенным чувственно-наглядным образом жизненного события [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16] и характеризуется рядом признаков, число которых может меняться в процессе функционирования системы. В дальнейшем, поэтому, понятия личности и системы считаются совпадающими.

В работе приняты следующие основные допущения.

Состояние системы описывается неотрицательной функцией трех аргументов – текущего времени, случайного времени появления стресса, воздействующего на систему и величиной самого стресса. Состояние системы, развивающееся во времени, отождествляется с ее реакцией на появление стресса.

Считается, что система подвергается воздействиям, которые могут возникать в случайные локализованные моменты времени и интерпретируются как последовательность воздействий на временной оси, число и расположение которых является случайным. Воздействиям ставятся в соответствие точки на временной оси, и таким образом формируется случайный точечный процесс, а воздействие стрессов на систему моделируются относительной величиной стрессов в соответствии со шкалой Холмса и Раэ.

Для простоты считается, что моделью таких меток является случайный точечный процесс, основными характеристиками которого явля-

ются интенсивность появления стрессов размерностью [1/время], имеющая смысл среднего числа стрессов, появившихся в течение выбранной единицы времени, а также средняя относительная величина стресса для каждой точки.

Отклик системы на последовательность точек является суммой откликов системы на отдельные точки, т.е. предполагается, что система является линейной.

На основании сделанных предположений разработана стохастическая модель развития относительной величины стресса во времени, получены простые инженерные соотношения и соответствующие графики.

Стохастическая модель появления стрессов

Рассмотрим процесс появления стрессов, развивающийся в непрерывном времени, и предположим, что стрессы на оси времени возникают в определенных точках, положение и число которых является случайным. Это предположение является ключевым тезисом работы и вполне объяснимо самой природой возникновения стрессов.

Для учета относительных величин стрессов, введенных в рассмотрение Холмсом и Раэ [7], предположим, что каждая точка характеризуется именно такой величиной, которая может быть наглядно представлена как скачок определенной высоты. Таким образом, имеем случайный процесс появления точек, каждая из которых характеризуется величиной скачков.

Пусть наблюдение начинается в момент времени t_0, а через некоторое время t_1 в текущий момент времени W_1 на входе системы появилась точка (стресс), через некоторое другое время t_2 в текущий момент времени W_2 появилась другая точка и т.д.

Введем в рассмотрение процесс $N(t)$ счета точек, в которых возникали стрессы и назовем его процессом счета точек или счетным точечным процессом. Таким образом, процесс $N(t)$ является кусочно-постоянным, имеет единичные приращения в моменты появления точек W_i и показывает, сколько точек появилось на интервале времени $[t_0, t)$.

Как уже указывалось, времена появления точек W_i, а поэтому и межточечные интервалы t_i и число точек $N(t)$ являются случайными величинами.

Для создания стохастической модели появления случайных стрессов необходимо задать базовые вероятностные характеристики времен появления этих событий, их числа и их относительных величин. Далее обосновывается пуассоновская модель появления стрессов. Для простоты и приближения к математической теории точечных случайных процессов, будем полагать, что появление стресса равносильно появлению точки на временной оси. Величину относительного воздействия будем называть меткой точки.

Рассмотрим произвольный интервал времени $[s, t)$, такой, что $t - s = T$ и предположим, что число точек, появившихся к моментам времени t и s равно соответственно $N(t)$ и $N(s)$. Обозначим через $N(t, s) = N(t) - N(s)$ число точек, появившихся на этом интервале, а через $P(N(t, s) = n)$ вероятность того, что это число точек окажется равным n.

Применим широко применяющееся в различных областях знаний предположение о том, что за малый промежуток времени $T = \Delta t$ вероятность того, что точка появится пропорциональна некоторой константе с точностью до бесконечно малой по отношению к Δt и что вероятность появления за это время двух и более точек стремится к нулю:

$$P(N(t, s) = 1) = \lambda\Delta t + O(\Delta t),\ P(N(t, s) > 1) = O(\Delta t) \qquad (1.1)$$

Если дополнительно потребовать, чтобы точки появлялись независимо друг от друга, то распределение произвольного числа точек на интервале T является пуассоновским:

$$P\left(N(t,s)=n\right)=\frac{1}{n!}(\lambda T)^n e^{-\lambda T} \qquad (1.2)$$

Таким образом, будем теперь полагать, что точечный процесс является пуассоновским случайным точечным процессом или просто пуассоновским точечным процессом, в котором времена появления точек W_1, W_2, ..., Wi и их число $N(t)$ к моменту времени t являются случайными величинами. Если теперь в (1.1) λ является функцией времени, то процесс становится неоднородным пуассоновским процессом с распределением

$$P\left(N(t,s)=n\right)=\frac{1}{n!}\left[\int_t^s \lambda(\tau)d\tau\right]^n \exp\left(-\int_t^s \lambda(\tau)d\tau\right), \qquad (1.3)$$

Непосредственными вычислениями можно определить, что математическое ожидание числа точек, появившихся на интервале $[t, s)$ равно,

$$M\left[N(t,s)\right]=\int_t^s \lambda(\tau)d\tau \qquad (1.4)$$

Условие (1.1) часто называют предположением редких событий, имея в виду, что появление больше одной точки на интервале Δt стремится к нулю. Однако необходимо сделать следующие пояснения. Из соотношения (1.4) следует, что при λ = const математическое ожидание числа точек, появившихся на интервале времени T равно λT, поэтому параметр λ характеризует интенсивность появления точек пуассоновского процесса, т.е. указывает среднее число точек, появляющихся в единицу времени, и имеет размерность [1/время]. При увеличении λ точки будут в среднем появляться чаще и наоборот. При увеличении безразмерного произведения

λT дискретность процесса становится все менее выраженной, процесс приближается к непрерывному, а распределения (1.2) и (1.3) – к нормальному. Таким образом, далее будем полагать, что величина параметра λ согласована с общим масштабом рассматриваемого в модели времени таким образом, что безразмерное произведение λT составляет единицы. Так, если рассматривается время реакции личности протяженностью в годы, то параметр λ будет составлять несколько единиц в год.

Рассмотрим теперь случайный точечный процесс $\{N(t),\ t \geq t_0\}$ появления точек и припишем каждой появившейся i-той точке некоторую величину u_i, которую назовем меткой, а соответствующий процесс – меченым пуассоновским процессом. Эти величины по определению являются внешними по отношению к точечному процессу в том смысле, что не могут влиять на интенсивность появления точек.

Далее, будем полагать, что каждая метка процесса u равна той относительной величине стресса, который возник в соответствующий момент времени W_i. Это означает, что индекс i обозначает только момент времени появления точки, а все относительные величины стресса равны между собой. Обозначим эту величину через u и введем в рассмотрение процесс накопления меток [7] $\{u(t),\ t \geq t_0\}$ на интервале времени $[t,\ s)$:

$$u(t) = \sum_{i=1}^{N(t)} u = uN(t) \tag{1.5}$$

Очевидно, что процесс (1.5) показывает относительную величину стресса, накопившуюся на временном промежутке $[t,\ s)$.

Практический интерес представляет математическое ожидание $Mu(t)$, процесса $u(t)$, которое легко вычисляется с использованием свойств условных математических ожиданий:

$$Mu(t) = u_N\left\{N(t)\right\} = u\int_t^s \lambda(\tau)d\tau. \tag{1.6}$$

Смысл выражения (1.6) очевиден. Поскольку интеграл является числом точек, появившихся на интервале времени $[t,\ s)$, то (1.6) является суммой относительных величин стрессов, возникших на этом интервале.

Подчеркнем, что все рассмотрение проведено в отношении стресса только одного из видов, упомянутых Холмсом и Раэ. В дальнейшем в рассмотрение будут включены все жизненные события и соответствующие им стрессы.

Очевидно, что осмысление, переживание, переработка стресса должно занимать некоторое время, причем чем больше времени прошло с момента появления стресса, тем меньше его остаточное воздействие на личность. Пусть процесс переработки личностью конкретного единичного стресса описывается во времени функцией $h(t,\ W_i;\ u)$, в которой t – текущее время, W_i – время появления очередной метки (стресса) номер i, u – относительная величина стресса. Функция показывает, какая относительная величина стресса действует на личность в момент времени t, если стресс относительной величины u наступил в момент времени $W_i < t$.

Теперь остаточная относительная величина стресса $y(t)$ к моменту времени t равна, очевидно, остаточной сумме всех стрессов, наступивших к этому моменту времени и может быть записана в виде

$$y(t) = \sum_{i=1}^{N(t)} h(t, W_i; u) \tag{1.7}$$

Процесс $y(t)$ называется фильтрованным пуассоновским процессом. Он является случайным, поскольку порожден случайным неоднородным пуассоновским процессом. Функция h в (1.7) называется откликом системы (личности) на каждое событие появления меченой точки точечного процесса или переходной функцией состояния системы.

Физическая размерность функции отклика также может быть любой, однако поскольку по постановке задачи процесс $y(t)$ является относительной величиной стресса, то и функцию h удобно доопределять так, чтобы ее размерность совпадала с размерностью $y(t)$. Очевидно, это всегда можно сделать, вводя в определение функции отклика размерные константы. Ниже на конкретном примере эти вопросы поясняются более подробно.

Поскольку суммарная относительная величина стресса, полученная к моменту времени t равна

$$\sum_{i=1}^{N(t)} u = uN(t),$$

то переработанная, пережитая, освоенная величина стресса равна

$$\hat{y}(t) = \sum_{i=1}^{N(t)} u - \sum_{i=1}^{N(t)} h(t, W_i; u) \tag{1.8}$$

Теория процессов вида (1.8) излагается в ряде монографий [17, 18, 19]. В дальнейшем изучении основную роль играет такая неслучайная характеристика фильтрованного процесса, как его математическое ожидание, предложенная в работе [20]. Математическое ожидание фильтрованного процесса на интервале времени $[0,\ t)$ можно легко получить, используя метод, примененный при выводе формулы (1.6). В результате получим

$$M\left\{\hat{y}(t)\right\} = u\int_0^t \lambda(s)ds - \int_0^t \lambda(s)M\left\{h(t,s;u)\right\}ds. \tag{1.9}$$

Если в простейшем случае $h(t,\ W_i;\ u) = uh(t,\ s)$, то

$$M\{\hat{y}(t)\} = u\int_0^t \lambda(s)ds - u\int_0^t \lambda(s)h(t,s)\,ds. \qquad (1.10)$$

Если, кроме того, функция интенсивности $\lambda(s)$ появления точек не зависит от времени и равна λ то

$$M\{\hat{y}(t)\} = u\lambda t - u\lambda\int_0^t h(t,s)\,ds. \qquad (1.11)$$

Выражение (1.11) является одним из основных результатов работы.

В качестве конкретной функции отклика рассмотрим экспоненциальную функцию вида

$$h(t,W_i;u) = u\exp\left[-\frac{(t-W_i)}{\tau}\right],\ t \ge W_i \qquad (1.12)$$

Функция отклика (1.12) широко применяется в физике и технике для описания убывающих процессов в связи с естественностью сделанных при ее выводе предположений. Постоянная времени определяет масштаб времени, в течение которого имеет смысл рассматривать поведение отклика.

Для получения аналитического результата предположим, что функция интенсивности λ является постоянной. Непосредственным вычислением определим математическое ожидание на интервале времени [0, t) фильтрованного пуассоновского процесса с числом появившихся точек $N(t)$ и с функций отклика (1.12):

$$M\{y(t)\} = \int_0^t \lambda(s)Mh(t,s;u)\,ds =$$

$$= \lambda\exp(-t/\tau)u\int_0^t \exp(s/\tau)\,ds = \lambda\tau u\left[1-\exp(-t/\tau)\right]. \qquad (1.13)$$

Из (1.13) следует, что

$$\lim_{t\to\infty} \lambda\tau u\left[1-\exp(-t/\tau)\right] = 0$$

Переработанная относительная величина стресса равна, очевидно,

$$M_u\{\hat{y}(t)\} = u\lambda t - u\lambda\tau\left[1-\exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)\right] \qquad (1.14)$$

Таким образом, экспоненциальная функция, по-видимому, правильно описывающая некоторые аспекты переработки информации когнитивными системами, является одним из примеров из бесконечного числа подобных функций.

Стохастическая модель общей жизненной ситуации

Отметим, что все предпринятое рассмотрение относится к появлению стресса только одной конкретной природы. Понятно, что жизненные ситуации предполагают возникновение стрессов разной природы, относительная величина стрессов которых различна. В работе [7] приведена шкала, содержащая относительное значение стресса для широко распространенных жизненных событий. В таблице 1 воспроизведены эти результаты, представленные в столбце номер 3.

Для учета того, что стрессы могут возникать по различным причинам, иметь различную относительную величину, рассмотрим обобщение представленной выше математической модели.

Пусть теперь число стрессов, которые могут сопровождать личность, равно M, причем стресс каждого вида возникает в соответствии с пуассоновским процессом с индивидуальной интенсивностью появления событий $\lambda_j(t)$, $j = 1, ..., M$. В таблице Холмса и Раэ число видов стрессов M равно 43. Теперь процесс возникновения стрессов развивается во времени как сумма M независимых пуассоновских процессов. Легко показать, что такая сумма процессов является также пуассоновским процессом с общей интенсивностью появления точек

$$\lambda(t) = \sum_{j=1}^{M} \lambda_j(t). \qquad (2.1)$$

Теперь все предыдущие соотношения легко обобщаются с помощью введения в рассмотрение индивидуальных счетных процессов $N_j(t)$ и индивидуальных процессов накопления меток u_j, сумма которых по аналогии с (1.5) подсчитывается как

$$u(t) = \sum_{j=1}^{M}\sum_{i=1}^{N(t)_i} u_j \qquad (2.2)$$

Математическое ожидание процесса (1.8) принимает вид

$$Mu(t) = \sum_{j=1}^{M} u_j \int_t^s \lambda_j(\tau)\,d\tau.$$

В дальнейшем ограничимся простейшим случаем, когда функции интенсивностей не зависят от времени, тогда выражение (1.11) принимает вид

$$M\{\hat{y}(t)\} = \sum_{j=1}^{M} u_j\lambda_j t - \sum_{j=1}^{M} u_j\lambda_j \int_0^t h(t,s)ds. \qquad (2.3)$$

Обозначим

$$\sum_{j=1}^{M} u_j\lambda_j = m, \qquad (2.4)$$

и перепишем соотношение (2.3) в вид

$$M\{\hat{y}(t)\} = mt - m\int_0^t h(t,s)ds, \qquad (2.5)$$

вполне аналогичном (1.11).

Если теперь дополнительно предположить, что функция отклика является экспоненциальной и одинаковой для всех видов стрессов, то выражение (2.5) принимает вид

$$M\{\hat{y}(t)\} = mt - m\tau\left[1-\exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)\right] \qquad (2.6)$$

Константа m показывает среднюю интенсивность появления всех стрессов (число которых

Таблица 1

№	Жизненное событие	Среднее значение стресса u_k	Одно событие за сколько лет	Оценка λ_k/год
1.	Смерть супруга (или супруги)	100	60	0,017
2.	Развод	73	45	0,022
3.	Раздельное жительство супругов по приговору суда	65	60	0,017
4.	Содержание в тюрьме или ином исправительном заведении	63	50	0,000
5.	Смерть близкого родственника	63	30	0,033
6.	Серьезное телесное повреждение или болезнь	53	30	0,033
7.	Вступление в брак	50	45	0,022
8.	Увольнение с работы	47	15	0,067
9.	Восстановление отношений с супругом (с супругой)	45	45	0,022
10.	Уход на пенсию	45	60	0,017
11.	Крупные перемены в здоровье или поведении члена семьи	44	15	0,067
12.	Беременность	40	40	0,025
13.	Сексуальные затруднения	39	30	0,033
14.	Появление нового члена семьи (например, рождение, усыновление, приезд старшего родственника и т.п.)	39	40	0,025
15.	Крупная перестройка в бизнесе (например, слияние, реорганизация, банкротство и т.д.)	39	20	0,050
16.	Крупные изменения финансового положения (например, стало гораздо хуже или гораздо лучше, чем обычно)	38	20	0,050
17.	Смерть близкого друга	37	20	0,050
18.	Переход на совершенно иной вид работы	36	30	0,033
19.	Резкое изменение количества споров с супругой (например, их стало больше или меньше, чем обычно, по поводу воспитания детей, личных привычек и т.д.)	35	20	0,050
20.	Получение закладной на сумму более 10 тыс. долл., (например, покупка дома, фирмы и т.д.)	31	20	0,050
21.	Потеря права выкупа закладной или погашения ссуды	30	20	0,050
22.	Крупные перемены в служебном положении на работе (повышение, понижение, переход на аналогичную должность)	29	15	0,067
23.	Уход сына или дочери из дома (например, вступление в брак, поступление в колледж и т.д.)	29	30	0,033
24.	Натянутые отношения с родней мужа или жены	29	30	0,033
25.	Выдающиеся личные достижения	28	12	0,083
26.	Начало и прекращение женой работы вне дома	26	20	0,050
27.	Начало или прекращение официального образования	26	20	0,050
28.	Резкие изменения жизненных условий (например, постройка нового дома, перестройка, ухудшение жилища или ближайшего района)	25	15	0,067
29.	Пересмотр личных привычек (одежда, манер, связей и т.д.)	24	15	0,067
30.	Трудные отношения с боссом	23	15	0,067
31.	Серьезные изменения времени работы	20	12	0,083
32.	Изменение местожительства	20	15	0,067
33.	Переход в новую школу	20	30	0,033
34.	Крупные изменения в обычном типе и продолжительности отдыха	19	15	0,067
35.	Резкие изменения в религиозной активности (например, значительно больше или значительно меньше, чем обычно)	19	20	0,050
36.	Резкие изменения в общественной активности (например, посещение клубов, дансингов, кинотеатров, знакомых, и т.д.)	18	15	0,067
37.	Получение закладной или ссуда менее 10 тыс. долл., (например, покупка автомобиля, телевизора, холодильника и т.д.)	17	10	0,100
38.	Серьезные изменения в привычках сна (значительно больше или значительно меньше сна, изменение времени сна)	16	12	0,083
39.	Резкое изменение числа встреч членов семьи (например, значительно больше иди значительно меньше, чем обычно)	15	12	0,083
40.	Резкое изменение привычек приема пищи (значительно большее или значительно меньшее количество или совсем другие часы приема пищи или окружение)	15	12	0,083
41.	Отпуск	13	1	1,000
42.	Рождество	12	1	1,000
43.	Небольшие правонарушения (например, безбилетный проезд, переход улицы в неустановленном месте, нарушение общественного порядка и т.д.)	11	90	0,011

равно *M*) в единицу времени и имеет, таким образом, размерность [средняя величина всех стрессов / время]. Математическое ожидание (2.6) показывает, таким образом. среднюю величину всех стрессов, переработанных личностью к моменту времени *t* и является ключевым выражением при исследовании динамики развития стресса.

В таблице 1 в столбце 4 указана оценка длительности периода, выраженного в годах, в течение которого может произойти соответствующее жизненное событие, полученная в результате голосования в ограниченной аудитории (экспертная оценка). В столбце 5 указана соответствующая оценка интенсивности появления такого события, выраженная в единицах [событие /год].

Подсчитанная в соответствии с формулой средняя интенсивность появления стрессов равна $m = 83{,}5$. Эта число означает, что в среднем в течение года возникает столько и таких жизненных событий, что их средняя величина равна *m*. Эта оценка является одним из результатов работы и применяется в дальнейших расчетах.

Исследование динамики развития стрессов

Дополнение таблицы Холмса и Раэ оценками, представленными в столбцах 4 и 5, а также соотношение (2.6) позволяет определить динамику изменения величины относительного стресса когнитивной системы в зависимости от времени фигурирующих в указанном соотношении параметров. Так, на рис. 2.1 приведен график изменения относительной величины переработанного стресса от времени при разных постоянных времени τ, которые на рисунке указаны в месяцах. При уменьшении постоянной времени все более отчетливо проявляется линейность указанной зависимости. Это согласуется с интуитивным представлением о времени переживания события, поскольку замечено, что реактивные личности быстрее забывают эмоциональные переживания.

Очевидным недостатком дополненной таблицы 1 является допущение о постоянстве функций интенсивностей наступления тех или иных событий. Следствие этого является о независимость от времени постоянной m в соотношении (2.6). В реальных жизненных ситуациях частота λ_j появления событий зависит, конечно, от времени. Следствие этого является немонотонность зависимости средней величины стресса от времени. На зависимостях, представленных на рисунке 2.1 возможны, таким образом, промежутки немонотонности. Простейшим проявлением этого обстоятельства является изменение средней величины эмоционального стресса m в формуле (2.6). В связи с этим для ориентировки на рисунке 2.2. представлены графики изменения относительной величины стресса от указанного параметра. Таким образом, представлены количественные оценки изменения качества жизненных ситуаций и соответствующих величин стрессов. При изменении ситуации происходит скачкообразный (или плавный) переход во времени от одного графика рисунка 2.2 к другому. Это объясняет, в частности, и такое явление, как забывание сильных эмоциональных переживаний во времени, что соответствует перемещению на нижерасположенные кривые.

Представленные кривые отвечают интуитивному представлению о развитии эмоциональных реакций личности, дают их количественную оценку и, потому, могут применяться в инженерных проектах организационно-технических систем, требующих учета или моделирования таких реакций.

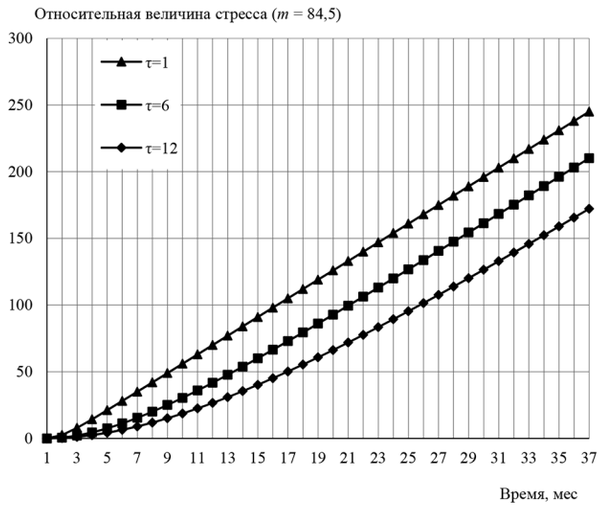

Рис. 2.1. Переработанная относительная величина стресса в зависимости от времени (параметр – постоянная времени реакции)

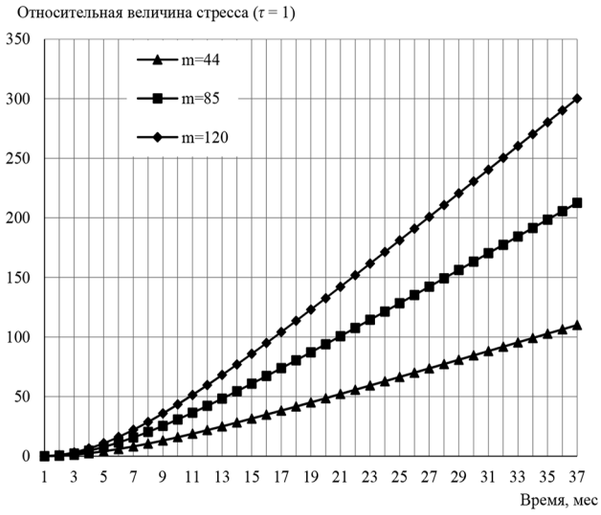

Рис. 2.2. Переработанная относительная величина стресса в зависимости от времени (параметр – средняя величина относительного стресса)

Заключение

В работе представлены результаты применения теории точечных случайных процессов к исследованию динамики эмоциональных характеристик когнитивных систем.

Предложена модель эмоционального состояния когнитивной системы (развития во времени процесса переживания стресса) в виде убывающей функции времени с некоторой постоянной времени, которая характеризует инерционные свойства переживания стресса. Простейший частный случай такой модели, широко применяемый в теории систем управления, позволил получить понятные и допускающие аналитическое исследование результаты.

На основе сформулированной математической модели и с применением хорошо изученных методов линейных динамических систем получены основные статистические характеристики эмоционального состояния когнитивной системы – математическое ожидание не пережитой и пережитой системой относительной величины стресса.

Предпринятое рассмотрение может быть продолжено как в направлении изучения реакции системы на события, появление которых описывается функциями интенсивности их появления, зависящими от времени, что, конечно, приблизит результаты исследования к реальным ситуациям, так и введения в рассмотрение и изучения поведения показателей и критериев стрессоустойчивости систем.

Литература

1. Лапаева Л.Г., Быченков О.А., Рогаткин Д.А. Нейробиология, понятийные категории языка и элементарная модель мира робота // Пятнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ 2016 (3–7 октября 2016 г., Смоленск, Россия): Труды конференции. Смоленск: Универсум, 2016. Т. 2. С. 292–300.
2. Чудова Н.В. Концептуальное описание картины мира в задачах моделирования поведения // Искусственный интеллект и принятие решений. 2012. № 2.
3. Рыбина Г.В., Паронджанов С.С. Технология построения динамических интеллектуальных систем: Учебное пособие. М.: НИЯУМИФИ, 2011. 240 с.
4. Кузнецов О.П. Когнитивная семантика и искусственный интеллект// Искусственный интеллект и принятие решений. 2004. № 4. С. 32-42.
5. Трембач В.М. Когнитивный подход к созданию интеллектуальных модулей организационно-технических систем // Открытое образование. 2017. № 2. С. 78–87.
6. Рогаткин Д.А., Куликов Д.А., Ивлиева А.Л. Три взгляда на современные данные нейронаук в интересах интеллектуальной робототехники // Modeling of Artificial Intelligence. 2015. № 6 (2).
7. Holmes T.H., Rahe R.H., The social readjustment rating scale // Journal of Psychosomatic Research. 1967. № 11. С. 213-218.
8. Rahe R.H., Arthur R.J. "Life change and illness studies: past history and future directions" // J Human Stress. 1978. № 4(1). С. 3–15.
9. Трембач В.М. Интеллектуальная система с использованием концептов-представлений для решения задач целенаправленного поведения // Открытое образование.2018. Т. 22. № 1. С. 28–37.
10. Трембач В.М. Решение задач управления в организационно-технических системах с использованием эволюционирующих знаний: монография. М.: МЭСИ, 2010. 236 с.
11. Саттон Р.С. Барто Э.Г. Обучение с подкреплением. пер. с англ. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 399 с.
12. Гаврилова Т. А., Кудрявцев Д. В., Муромцев Д. И. Инженерия знаний. Модели и методы: Учебник. СПб.: Издательство «Лань», 2016. 324 с.
13. Рыбина Г.В. Основы построения интеллектуальных систем: учебное пособие. М.: Финансы и статистика. 2010. 432 с.
14. Трембач В.М. Многоагентная система для решения зада целенаправленного поведения // Четырнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ 2014 (24–27сентября 2014 г., г. Казань, Россия). Казань: РИЦ «Школа», 2014.Т. 1. С. 344–353.
15. Тельнов Ю.Ф. Модель многоагентной системы реализации информационно-образовательного пространства // Четырнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2014 (24–27 сентября 2014 г., г. Казань, Россия). Казань: РИЦ «Школа», 2014.Т. 1. С. 334–3435.
16. Rosch E. Cognitive representctions of semcntic cctegories // Journal of Experimentcl Psychology. 1975. № 104. С. 192–233.
17. Donald L. Snyder, Michael I. Miller. Random Point Processes in Time and Space. Second Edition Springer-Verlag New York Inc, 1991. 488 с.
18. Тихонов В.И., Миронов М.А. Марковские процессы. М.: Советское радио, 1977. 488с
19. Солодов А.В., Солодов А.А. Статистическая динамика систем с точечными процессами. М.: Наука, 1988. 284 с.
20. Солодов А.А., Солодова Е.А. Анализ динамических характеристик случайных воздействий в когнитивных системах // Открытое образование. 2017. Т. 21. № 1. С. 4–13.

References

1. Lapayeva L.G., Bychenkov O.A., Rogatkin D.A Neurobiology, conceptual categories of language and an elementary model of the robot world. Pyatnadtsataya natsional'naya konferentsiya po iskusstvennomu intellektu s mezhdunarodnym uchastiyem KII 2016 = Fifteenth national conference on artificial intelligence with international participation KII 2016 (October 3-7, 2016, Smolensk, Russia): Proceedings of the conference. Smolensk: Universum; 2016; 2: 292-300. (In Russ.)
2. Chudova N.V. Conceptual description of the picture of the world in the tasks of modeling behavior. Iskusstvennyy intellekt i prinyatiye resheniy = Artificial intelligence and decision making. 2012; 2. (In Russ.)
3. Rybina G.V., Parondzhanov S.S. Tekhnologiya postroyeniya dinamicheskikh intellektual'nykh sistem: Uchebnoye posobiye = Technology for constructing dynamic intelligent systems: Textbook. Moscow: NIYAUMIFI; 2011. 240 p. (In Russ.)
4. Kuznetsov O.P. Cognitive semantics and artificial intelligence. Iskusstvennyy intellekt i prinyatiye resheniy = Artificial intelligence and decision making. 2004; 4: 32-42. (In Russ.)
5. Trembach V.M. Cognitive approach to the creation of intellectual modules of organizational and technical systems. Otkrytoye obrazovaniye = Open education. 2017; 2: 78–87. (In Russ.)
6. Rogatkin D.A., Kulikov D.A., Ivliyeva A.L. Three views on modern neuroscience data for the benefit of intelligent robotics. Modeling of Artificial Intelligence. 2015; 6(2).
7. Holmes T.H., Rahe R.H. The social readjustment rating scale. Journal of Psychosomatic Research. 1967; 11: 213-218.
8. Rahe R.H., Arthur R.J. "Life change and illness studies: past history and future directions". J Human Stress. 1978; 4(1): 3-15.
9. Trembach V.M. Intelligent system using concept representations for solving the tasks of purposeful behavior. Otkrytoye obrazovaniye = Open Education.2018; 22; 1: 28-37. (In Russ.)
10. Trembach V.M. Resheniye zadach upravleniya v organizatsionno-tekhnicheskikh sistemakh s ispol'zovaniyem evolyutsioniruyushchikh znaniy: monografiya = Solving management problems in organizational and technical systems using evolving knowledge: monograph. Moscow: MESI; 2010. 236 p. (In Russ.)
11. Satton R.S. Barto E.G. Obucheniye s podkrepleniyem. per. s angl = Reinforcement learning. Tr. from Eng. Moscow: BINOM. Knowledge Laboratory; 2011. 399 p. (In Russ.)
12. Gavrilova T.A., Kudryavtsev D.V., Muromtsev D. I. Inzheneriya znaniy. Modeli i metody: Uchebnik = Engineering knowledge. Models and methods: Textbook. Saint Petersburg: Publishing house "Lan"; 2016. 324 p. (In Russ.)
13. Rybina G.V. Osnovy postroyeniya intellektual'nykh sistem: uchebnoye posobiye = Fundamentals of building intelligent systems: a tutorial. Moscow: Finance and Statistics; 2010. 432 p. (In Russ.)
14. Trembach V.M. A multi-agent system for solving the problem of purposeful behavior. Chetyrnadtsataya natsional'naya konferentsiya po iskusstvennomu intellektu s mezhdunarodnym uchastiyem KII 2014 = Fourteenth National Conference on Artificial Intelligence with International Participation KII 2014 (September 24–27, 2014, Kazan, Russia). Kazan: RIC "School"; 2014; 1: 344–353. (In Russ.)
15. Tel'nov Yu.F. Model of a multi-agent system for the implementation of information and educational space. Chetyrnadtsataya natsional'naya konferentsiya po iskusstvennomu intellektu s mezhdunarodnym uchastiyem KII-2014 = Fourteenth National Conference on Artificial Intelligence with International Participation KII-2014 (September 24-27, 2014, Kazan, Russia). Kazan: RIC "School"; 2014; 1: 334–3435. (In Russ.)
16. Rosch E. Cognitive representctions of semcntic cctegories. Journal of Experimentcl Psychology. 1975; 104: 192–233.
17. Donald L. Snyder, Michael I. Miller. Random Point Processes in Time and Space. Second Edition Springer-Verlag New York Inc; 1991. 488 p.
18. Tikhonov V.I., Mironov M.A. Markovskiye protsessy= Markov processes. Moscow: Sovetskoye radio = Soviet radio; 1977. 488 p. (In Russ.)
19. Solodov A.V., Solodov A.A. Statisticheskaya dinamika sistem s tochechnymi protsessami = Statistical dynamics of systems with point processes. Moscow: Nauka; 1988. 284 p. (In Russ.)
20. Solodov A.A., Solodova Ye.A. Analysis of the dynamic characteristics of random influences in cognitive systems. Otkrytoye obrazovaniye = Open education.2017; 21. 1: 4-13. (In Russ.)

Сведения об авторах

Александр Александрович Солодов
Д.т.н., профессор, профессор кафедры Прикладной математики и программирования Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва, Россия
E-mail: aasol@rambler.ru

Татьяна Германовна Трембач
Старший преподаватель кафедры И13 Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва, Россия
E mail: tat-trembach@yandex.ru

Information about the authors

Aleksandr A. Solodov
Cand. Sci. (Engineering), Professor, Professor of the Department of Applied Mathematics and Programming
A.N. Kosygin Russian State University, Moscow, Russia
E-mail: aasol@rambler.ru

Tatyana G. Trembach
Senior lecturer, Department I13
Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia
E-mail: tat-trembach@yandex.ru