

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ РИСКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЙ В СОСТОЯНИИ ЗДОРОВЬЯ СТУДЕНТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ ЗДОРОВЬЕСБЕРЕГАЮЩЕГО ПОВЕДЕНИЯ**

**Горбаткова Е.Ю.<sup>1</sup>, Горбатков С.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный педагогический университет им.М. Акмуллы», Уфа, Республика Башкортостан E-mail:gorbatkovaeu@mail.ru;

<sup>2</sup> Уфимский филиал Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, г. Уфа, Россия E-mail: gorbatkovsa@ufanet.ru

---

Статья посвящена исследованию влияния различных социальных, медицинских, поведенческих, информационных и экологических факторов на состояние здоровья студентов вузов. В данной статье предложен системный подход к исследуемой проблеме здоровьесбережения студентов. Научная новизна работы заключается в системном подходе к анализу, т.е. использованию для разработки концепции моделирования общесистемного закона энтропийного равновесия в открытых системах, получаемых объединением двух или более отдельных систем, а также продвинутых современных инструментариев – нейросетевых моделей. Статья проблемно ориентирована на сложные условия моделирования, приближенные к реальным, получаемых объединением двух или более отдельных систем в социальных и медицинских организационных системах, в частности, на сильную зашумленность данных с неизвестным законом распределения шумов.

---

Ключевые слова: здоровье студентов, заболеваемость, анкетирование, здоровый образ жизни, организация здравоохранения, восстановление зависимостей, скрытых в данных, нейросетевые модели, системный подход.

## **DETERMINATION OF PROGNOSTIC RISK OF DEVIATIONS IN THE HEALTH STATUS OF STUDENTS, DEPENDING ON THE LEVEL OF FORMATION OF HEALTH-SAVING BEHAVIORS**

**Gorbatkova E. J.,<sup>1</sup> Gorbatkov S. A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>«Bashkir state pedagogical university n. a. M. Akmulla», Ufa Mobile Phone 8-9613674093, E-mail: gorbatkovaeu@mail.ru;

<sup>2</sup> Federal State-Funded Educational Institution of Higher Professional Education "Financial University under the Government of the Russian Federation".

---

The article investigates the influence of different social, medical, behavioral, informational and environmental factors on the health of university students. This paper proposes a systematic approach to the problem at health savings students, i.e., the law of entropy balance of the combined system obtained by combining two or more separate systems. Scientific novelty of the work lies in the systematic approach to the analysis, i.e., using for develop the concept of the law of entropy modeling system-wide equilibrium in open systems, and advanced modern tools - neural network models. Article focuses on the problem of modeling complex conditions close to real which obtained by combining two or more separate systems in social and health organizational systems, in particular, on the very noisy data with unknown noise distribution law.

---

Keywords: health students, morbidity, questioning, healthy lifestyle, health protection organization, restoration dependencies hidden in data, neural network models, a systematic approach.

Актуальность работы состоит в создании объективных научных основ для разработки мероприятий, связанных с формированием здоровьесберегающей среды для студенческой молодежи. В этой сфере, как известно, существует множество серьезных проблем. Показатели заболеваемости детей и подростков растут с каждым годом. На сегодняшний день до 40 % призывников не в состоянии выполнить минимальные нормативы физической подготовки военнослужащих. В России зарегистрировано более 300 тыс. наркоманов, до 200 тыс. больных алкоголизмом. Статистические данные свидетельствуют о необходимости

активизации деятельности, направленной на сохранение и укрепление здоровья студенческой молодежи.

Теоретический аспект актуальности рассматриваемой проблемы состоит в следующем. Моделирование затрагиваемых в статье вопросов проводилось в ряде работ, посвященных проблемам формирования здоровья подрастающего поколения. Так в работе Поздеевой Т. В. [11] для расчета интегрированного влияния различных сочетаний факторов при их одновременном или последовательном воздействии используется неоднородная последовательная процедура, основанная на вероятностном методе Байеса и вытекающем из него последовательном анализе Вальда; в работе Галицина С. В. [3] проводилось использование нейросетевых технологий для прогнозирования и моделирования изменения психофизического состояния индивида в соответствии с заданным модельным уровнем, в связи с повышением эффективности методик физической деятельности и др.

В данной статье предложен системный подход к исследуемой проблеме, т.е. закон энтропийного равновесия комбинированной системы, получаемый объединением двух или более отдельных систем. Предложены также концепция и реализующая ее нейросетевая модель восстановления зависимостей, скрытых данных анкетного опроса студентов. Эта концепция создает методологическую основу нейросетевого моделирования здоровьесбережения обучающейся молодежи для условий моделирования, близких к реальным (наличия так называемой триады «НЕ – факторов» (неполнота, неточность, неопределенность в данных)).

### **Постановка задачи**

Пусть для ряда экспертно выбранных факторов (экзогенных перемен)  $X = (X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n)$  и эндогенной переменной  $Y$  разработана анкета и проведен социологический опрос обучающихся (студентов бюджетных и коммерческих вузов г. Уфа Республики Башкортостан). Анкеты посвящены анализу условий жизни студентов, оценке формирования ценностных ориентаций в отношении здорового образа жизни обучающихся, заболеваемости. Было проведено психологическое тестирование студентов.

При формировании выборки (базы данных) будем считать условно «автономными» невзаимодействующими друг с другом, социальными системами, множества студентов разных вузов г. Уфы РБ: Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы (система А), Уфимского государственного авиационного технического университета (система В), Башкирского государственного университета (система С).

На интуитивном уровне понятно, что контингент студентов этих систем неоднороден и обладает неконтролируемой спецификой в аспекте мотивации к учебе, к занятиям спортом, в отношении к здоровому образу жизни, организации досуговой деятельности и др. [1, 5].

Существенно различается также уровень материального обеспечения, условия жизни и уровень школьной подготовки. В системе А и С в контингенте студентов преобладают жители малых городов и деревень РБ, уровень школьной подготовки которых гораздо ниже, чем в системе В, где в основном учатся выпускники школ мегаполиса (г. Уфы).

Авторы статьи выдвигают гипотезу, что объединение систем А, В и С в единой статистической выборке, на который будет обучаться нейросеть, т.е. создания комплексной системы (А,В,С), позволит учесть неявно отмеченные выше специфические особенности вузов (в том числе с учетом деятельности, проводимой в образовательных организациях по вопросам здоровьесбережения студентов), и тем самым увеличить степень обобщения разрабатываемой модели [4].

Теоретическим основанием данной гипотезы служит упомянутый выше общесистемный закон энтропийного равновесия в комплексной системе  $(A_1, A_2, \dots, A_n)$  (подробно см. ниже в разделе 3 статьи).

Относительно выбора метода построения модели  $Y(\vec{X})$  можно отметить, что в настоящее время в разных областях знаний применяются в основном две группы количественных методов, способных работать в сложных условиях моделирования (наличие триады «НЕ-факторов», причем с неизвестным априори законом распределения плотности вероятности шумов):

- нейросетевые методы;
- методы с нечетким описанием модели и правил логического вывода.

В исследовании поставленной задачи мы применяли методы из обеих групп на базе использования байесовского подхода [4, 9].

Данная статья ориентирована на применение нейросетевого метода, который компактно можно записать так:  $Y(\vec{X}) = F(\vec{X}, W, S)$ , где  $Y(\vec{X})$  – расчетная (восстанавливаемая из базы данных) зависимость эндогенной (моделируемой) переменной  $Y$  от вектора экзогенных переменных  $\vec{X}$ ;  $F(\cdot)$  – оператор нейросетевого отображения  $\vec{X}$  в  $Y$ ;  $W$  – матрица синаптических весов возбуждения нейронов сети при подаче на них сигналов  $x_j$ , где  $j$  – номер входного сигнала;  $S$  – множество параметров архитектуры нейросети (количество промежуточных слоев, число нейронов в этих слоях, параметры передаточных функций сигналов от слоя к слою).

Оператор  $F(\cdot)$  реализует композицию операций весового суммирования сигналов  $\{x_j\}$ ,  $j=1, n$ , подаваемых на вход каждого нейрона с последующим нелинейным преобразованием результата этого суммирования [12].

Нейросетевая модель (1) – это адаптивная (обучаемая на примерах) модель. После обучения нейросеть тестируется на примерах, которые она не знала при обучении. В

исследовании по данной статье применялись и другие способы оценки адекватности обученной нейросетевой модели, в частности ее регуляризация (оценка устойчивости) на байесовском ансамбле моделей, что является предметом отдельной публикации.

### **Краткое описание общесистемного закона энтропийного равновесия в объединяемых системах**

Вначале опишем системный закон энтропийного равновесия в общем виде без привязки к контексту исследуемых задач [10], а затем уже сформулируем концепцию моделирования на основе этого закона и снабдим ее комментариями.

Сущность закона роста и убывания энтропии в открытых системах, т.е. системах, обменивающихся с другими системами и внешней средой веществом, энергией, информацией или знаниями, состоит в следующем.

Энтропия ( $\mathcal{E}$ ) системы, имеющей дискретное множество допустимых состояний  $p_k$ , равна [9]:

$$\mathcal{E} = -\sum_{k=1}^n p_k \cdot \log_2(1/p_k), \quad (2)$$

где:  $p_k$  – вероятность  $k$ -го состояния системы;  $n$  – число возможных состояний.

Энтропия служит количественной мерой беспорядка в системе и определяется числом допустимых состояний системы. Причиной указанного выше взаимодействия материальными субстанциями между системами является неравновесное состояние систем, а исходной причиной неравновесности являются существующие потоки направленной энергии, вещества, знаний или информации. Негэнтропия (НЭ) является мерой порядка, упорядоченности внутренней структуры, связанной информации. При увеличении энтропии увеличивается неупорядоченность системы и, соответственно, количество необходимых независимых факторов – переменных в модели системы. Для того чтобы уменьшить неопределенность и неупорядоченность, необходимо ввести в систему НЭ.

Таким образом, при прогрессивном развитии системы путем ее организации и упорядочения (структурирования) увеличивается НЭ. При деструкции, дезорганизации системы, наоборот, возрастает  $\mathcal{E}$ . Возможны разные способы одновременного изменения  $\mathcal{E}$  и НЭ. Если информационная система обладает небольшой  $\mathcal{E}$ , то для ее компенсации следует ввести также небольшую НЭ. Если же система содержит большую величину  $\mathcal{E}$ , то для ее компенсации потребуется также большое количество информации (НЭ).

В процессе взаимодействия систем как масса и энергия, так и информация и знания могут концентрироваться либо рассеиваться. Обмен информацией происходит только тогда, когда имеется такая связь между системами, в результате которой повышается НЭ хотя бы одной

системы. В остальных случаях мы имеем дело с рассеянием информации, массы или энергии или просто шумом [10].

Нахождение аналитических соотношений между энтропией и информацией для систем любой природы определяет условия и процессы самоорганизации и самоуправления системы.

В теории информационных систем [2, 10] известен закон, согласно которому при объединении двух изолированных (не взаимодействующих друг с другом) систем  $A_1$  и  $A_2$  в одну общую систему  $(A_1, A_2)$ , в которой системы  $A_1$  и  $A_2$  рационально взаимодействуют, энтропия объединенной системы будет меньше суммы энтропий исходных изолированных систем:

$$\mathcal{E}(A_1, A_2) < [\mathcal{E}(A_1) + \mathcal{E}(A_2)]. \quad (3)$$

Возможно самопроизвольное накопление информации и получение нового знания в объединенной системе. В соотношении (3) нет ничего неожиданного. Действительно, если  $A_1$  и  $A_2$  взаимодействуют, то в объединенной системе  $(A_1, A_2)$  появляются новые связи, которые неизбежно ограничивают число возможных состояний системы  $(A_1, A_2)$  и, соответственно, уменьшают ее энтропию.

Если  $A_1$  и  $A_2$  – независимые множества элементов систем, не вступающих в физическое или информационное взаимодействие, тогда в формуле (3) будет знак равенства. Если же множества элементов  $A_1$  и  $A_2$  могут согласованно вступать во взаимодействие, тогда имеем:

$$\mathcal{E}(A_1, A_2) < [\mathcal{E}(A_1) + \mathcal{E}(A_2)] \Rightarrow \mathcal{E}(A_1) + \mathcal{E}(A_2) - \mathcal{E}(A_1, A_2) = \Delta I_S. \quad (4)$$

Здесь  $\Delta I_S$  – приращение структурной информации (негэнтропии), характеризующей упорядоченность структуры или количество новых связей, возникающих между элементами систем  $A_1$  и  $A_2$ . Частым и одновременно наиболее характерным является взаимодействие системы  $A_1$  с окружающей средой (системой  $A_2$ ). В результате их взаимодействия образуются новые связи между системами  $A_1$  и  $A_2$ , появляется приращение структурной информации и осуществляется адаптация системы  $A_1$  к внешним условиям среды  $A_2$ . Так, например, работа, направленная на формирование ценностных ориентаций студентов в отношении здорового образа жизни, а также некоторое улучшение условий их жизни может привести к качественным изменениям мотивационной сферы обучающихся и трансформироваться в устойчивые личностные изменения, приводящие к формированию личности безопасного типа [6, 8].

В [2] приводится наглядный пример, иллюстрирующий закон (4): энтропия информации, передаваемой по каналу связи в виде связного текста, всегда меньше энтропии на один символ, умноженной на количество символов в несвязанном тексте. Дело в том, что в связном тексте появляются дополнительные лингвистические связи, ограничивающие число возможных состояний системы  $P_k$  в формуле (2).

Следует отметить, что все процессы упорядочения внутренней структуры системы, определяемые уравнениями (2), (3) и (4), обязательно сопровождаются уменьшением энтропии внутренней структуры и иногда увеличением энтропии внешней среды. Другими словами, существует *равновесие энтропий открытых систем*: уменьшение энтропий одной системы (например,  $A_1$ ) обязательно сопровождается ростом энтропий другой системы:

$$\mathcal{E}(A_1) + \mathcal{E}(A_2) - \mathcal{E}(A_1, A_2) - \Delta I_s = 0, \quad (5)$$

если в объединенной системе  $(A_1, A_2)$  нет других взаимодействий, кроме  $A_1$  и  $A_2$ . Закономерность (5) справедлива и для любого конечного числа объединяемых систем.

Выводами из закона роста и убывания энтропии в открытой системе, имеющими прикладное значение для построения НСМ медико-социальных объектов, являются:

1. При уменьшении организации системы (деструктурировании) растет ее энтропия и, соответственно, увеличивается число переменных состояния. В математической (информационной) модели при этом увеличивается размерность системы или количество существенных независимых факторов (объясняющих переменных), требующихся для адекватного описания системы.

2. Если множество элементов при упорядочении (структуризации) системы могут вступить в согласованное взаимодействие, как этого и требует понятие «система», то энтропия образованной системы будет меньше, чем сумма энтропий элементов.

Так, комплексное воздействие на мировоззрение подрастающего поколения в отношении здоровьесбережения и профилактики девиантных форм поведения должно привести к качественным изменениям в виде улучшения состояния здоровья молодежи [7].

Разность энтропии системы и сумм энтропий элементов порождает структурную информацию, которая может быть в принципе извлечена тем или иным способом, в частности с помощью адаптивной модели, например НСМ.

### **Концепция моделирования, основанная на общесистемном законе энтропийного равновесия взаимодействующих подсистем**

Предлагаемая концепция состоит в том, что при объединении систем А, В и С, оговоренных выше в разделе 2 статьи, в общую базу данных (А, В, С) происходит взаимодействие этих систем на стадии обучения нейросетевой модели. Каждый пример

обучающего множества, взятый из систем А, В и С, вносит свой вклад в формирование множества синаптических весов  $W$  в нейросетевом отображении  $W$  в (1), а значит – и формирует восстанавливаемые многомерные нелинейные зависимости, скрытые в общей базе данных (А, В, С). При этом неконтролируемые особенности систем А, В, С отображаются в восстанавливаемую нейросетью зависимость  $Y(\vec{X})$ , что можно интерпретировать как самопроизвольное накопление информации  $\Delta I_s$  и получения нового знания в (4). Тем самым нейросетевая модель (1) приобретает большую прогностическую силу и общность.

Заключение:

1. Предложенная концепция увеличения прогностической силы и общности нейросетевой модели здоровьесбережения студенческой молодежи на основе общесистемного закона энтропийного равновесия объединяемых систем создает методологическую основу формирования базы данных для анализа опросных анкет, тестовых заданий, показателей заболеваемости.

2. В направлениях дальнейших исследований авторы видят следующие перспективные направления:

- комбинация разработанной концепции с методами нечетких множеств для введения в модель качественных переменных;
- агрегирование информации различной природы (количественной, качественной, структурной, экспертной) при построении нейросетевой модели;
- исследование устойчивости и регуляризация нейросетевых моделей на основе байесовского подхода;
- разработка методов переработки данных на основе общесистемного каскадного принципа [10];
- использование нейросетевой модели в сравнительной оценке показателей заболеваемости по данным обращаемости, с временной утратой трудоспособности и госпитализированной заболеваемости студентов различных вузов г. Уфа.
- создание нейросетевой модели прогнозирования и моделирования изменений психофизического состояния обучающихся на фоне проведения формирующего медико-педагогического эксперимента.

### Список литературы

1. Бахтин Ю. К., Соломин В. П., Макарова Л. П., Сыромятникова Л. И. Значение медико-

валеологического образования студентов и опыт его реализации.

2. Вентцель Е. С. Теория вероятностей: Учебник для вузов / Изд. 4-е, стереотипное. – М.: Наука. Физмат, 1969. – 576 с.
3. Галицын С. В. Педагогическая система физкультурной деятельности как средство профилактики социально-негативного поведения подростков: Дис. д-ра пед. наук. – СПб., 2011. – 358 с.
4. Горбатков С. А., Полупанов Д. В., Макеева Е. Ю., Бирюков А. Н. Методологические основы разработки нейросетевых моделей экономических объектов в условиях неопределенности: Монография / Под ред. С. А. Горбаткова. – М.: Издательский дом «Экономическая газета», 2012. – 494 с.
5. Горбаткова Е. Ю., Мануйлова Г. Р. Влияние спортивных занятий на показатели заболеваемости школьников / Медико-биологические аспекты физической культуры // Всероссийская научно-практ. конф. с международным участием. – Казань, 2013. – С. 80-83.
6. Горбаткова Е. Ю., Лобанов С. А., Иксанова К. В. Психолого-педагогические аспекты предупреждения девиантного поведения подростков / Актуальные вопросы образования и науки // Международная науч-практ. конф. – Тамбов, 2014. – С. 24-26.
7. Горбаткова Е. Ю., Шурыгина В. В., Шайдулина Ж. В. Основы медицинских знаний и здорового образа жизни. Руководство к самостоятельной работе студентов. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2014. – 211с.
8. Горбаткова Е. Ю., Мануйлова Г. Р., Ланговой В. Е. Некоторые подходы к оценке результативности профилактической деятельности, направленной на сохранение и укрепление здоровья обучающихся // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1.
9. Математический энциклопедический словарь / Под ред. Ю. В. Прохорова. – М.: Большая Российская Энциклопедия, 1995. – 848 с.
10. Прангишвили И. И. Системный подход и общесистемные закономерности: Монография. – М.: СИНТЕГ, 2000. – 848 с.
11. Поздеева Т. В. Научное обоснование концепции и организационной модели формирования здоровьесберегающего поведения студенческой молодежи: Дис. ... д-ра мед. наук. – Нижний Новгород, 2008. – 340 с.
12. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс: Учебник / 2-е изд.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.

#### **Рецензенты:**

Лобанов С. А., д.м.н., профессор кафедры охраны здоровья и безопасности



жизнедеятельности, ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, г. Уфа;

Горбушина С. Н., д.п.н., профессор кафедры стандартизации и сертификации Уфимского государственного авиационного технического университета, г. Уфа.