

ОБ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Г. Ы. Токтошов¹

¹ *Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения РАН
630090, Россия, г. Новосибирск, пр-т Академика Лаврентьева, д. 6*

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы организации учебного процесса в условиях непредвиденных внештатных воздействий, таких как аварии, террористические акты, военные или межэтнические конфликты, пожары, засуха, эпидемиологическая ситуация и т. п. Показано, что в условиях рыночной экономики образовательные учреждения — как государственные, так и частные — переориентировались с плановой подготовки специалистов на спрос заказчика в образовательных услугах. Предложен новый спрос-ориентированный подход к организации учебного процесса, в котором образовательный процесс представляется в виде цепочки «продавец — товар — потребитель». Показано, что с точки зрения потребителя безопасность и экономичность образовательных услуг являются одними из важных требований в условиях непредвиденных внештатных воздействий. Предложена новая структурная модель образовательной системы, предполагающая взаимодействие двух подсистем — образовательной инфраструктуры и учебного процесса. Показано, что структурная надежность образовательной системы является важным показателем для обеспечения психологической и физической безопасности участников образовательного процесса. Предложена новая математическая модель на основе графов и гиперсетей, учитывающая отображение учебного процесса в образовательную инфраструктуру. Введено понятие «живучесть образовательной системы» как способность непрерывного функционирования данной системы при воздействии различных внешних дестабилизирующих факторов. Поставлена задача организации учебного процесса в условиях чрезвычайных ситуаций с точки зрения потребителя как задача построения гиперсети минимальной стоимости и заданной надежности.

Ключевые слова: надежность, безопасность, учебный процесс, образовательная инфраструктура, граф, гиперсеть.

DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-5-21-27

Для цитирования:

Токтошов Г. Ы. Об организации учебного процесса в условиях чрезвычайных ситуаций // Информатика и образование. 2021. № 5. С. 21–27.

Статья поступила в редакцию: 26 февраля 2021 года.

Статья принята к печати: 6 апреля 2021 года.

Финансирование

Исследование выполнено в рамках государственного задания ИВМиМГ СО РАН (0251-2021-0005).

Сведения об авторе

Токтошов Гулжигит Ысакович, канд. тех. наук, доцент, научный сотрудник лаборатории системного моделирования и оптимизации, Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения РАН, г. Новосибирск, Россия; tgi_tok@rambler.ru; ORCID: 0000-0001-7697-7713

1. Введение

Образовательная система — это сложная система, состоящая как минимум из двух компонентов: образовательной инфраструктуры и учебного процесса. Эти компоненты подвержены влиянию постоянно изменяющихся факторов внешней и внутренней среды. Неблагоприятными факторами могут быть информационные атаки, техногенные и экологические катастрофы, пожары, засуха, радиация, военные или межэтнические конфликты, террористические акты, аварийное состояние образовательного объекта, эпидемиологическая обстановка (например, COVID-19) и т. п. Под влиянием этих факторов образовательная система может частично или полностью потерять свою работоспособность, что в свою очередь может привести к самым разным последствиям, включая финансовые потери и человеческие жертвы.

Таким образом, возникает задача, связанная с повышением безопасности и надежности функционирования образовательной системы при различных непредвиденных внешних и внутренних

угрозах. В общем виде под **безопасностью** понимают состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз [1].

Вклад в изучение вопросов безопасности и надежности функционирования образовательной системы внесли многие ученые. Например, в работах [2, 3] анализируются глобальные изменения психической устойчивости как педагога, так и обучающегося при переходе к цифровому образованию, в статье [4] рассматриваются вопросы комплексной безопасности образовательных учреждений, в [5] — повышение надежности образовательной системы, в [6] — вопросы психологической безопасности учащегося, а в [7] — вопросы психологической и физической безопасности участников образовательного процесса. Однако ни в одной из этих работ не учитывается **структурная надежность образовательной системы**, которая является основополагающей для психологической и физической безопасности участников образовательного процесса со всеми вытекающими последствиями. Такая значимость

структурной надежности образовательной системы объясняется тем, что при возникновении форс-мажорных обстоятельств участники образовательного процесса в лучшем случае в той или иной степени подвергаются физической или социальной изоляции друг от друга, что негативно влияет на их психологическое и эмоциональное состояние (сопровождается морально-психологическими травмами).

В связи с этим *задача, связанная с повышением надежности функционирования инфраструктуры образовательной системы, которое позволит обеспечить непрерывность и безопасность образовательного процесса для участников данного процесса*, является важной и актуальной, особенно в условиях рыночной экономики.

2. Вопросы организации учебного процесса

В условиях рыночной экономики образовательные услуги в Российской Федерации распределены между государственными, муниципальными и негосударственными (частными) учреждениями (в том числе образовательными организациями высшего образования). При этом государственные и муниципальные образовательные учреждения осуществляют учебный процесс как на платной, так и на бесплатной основе, в то время как негосударственные (частные) — исключительно с полным возмещением стоимости обучения. В условиях рыночной экономики доля платных образовательных услуг, предоставляемых государственными, муниципальными и негосударственными учреждениями, в высшем образовании неуклонно растет. Так, например, согласно [8], еще в 2010 году доля платных образовательных услуг составила 53,5 % против 46,5 % финансирования образовательных программ за счет бюджетных средств. Современные образовательные учреждения высшего образования (как государственные, так и частные) постепенно переориентировались с плановой подготовки специалистов (бакалавров, магистрантов, аспирантов) на спрос со стороны заказчика в образовательных услугах. В качестве заказчика образовательных услуг могут выступать студенты и их родители, отдельные секторы экономики, государственно-частные предприятия (ГЧП) и т. д.

При плановом подходе к подготовке специалиста активными участниками образовательного процесса являются преподаватель и студент, учитель и ученик и т. п. Согласно [9], в традиционной системе

образования взаимодействия между участниками образовательного процесса строятся как субъектно-объектные, в которых субъект (преподаватель) находится в ограниченных условиях — его деятельность управляется заранее утвержденными государственными стандартами и учебными планами, жестко задающими рамки отношений. В то же время объект (студент) должен быть наполнен определенным объемом знаний, выступая в качестве пассивного слушателя в образовательном процессе. Таким образом, *плановый подход к организации учебного процесса, привязанный к жесткому образовательному стандарту, противоречит принципам рыночной экономики, ограничивая свободу выбора образовательных услуг и возможности самовыражения студента.*

В условиях рыночной экономики образовательная система, как часть глобального рынка, должна функционировать по принципу «поставщик — заказчик» и договорные отношения между участниками образовательного процесса не должны ограничивать свободу выбора образовательных услуг и возможность самовыражения студента. Другими словами, *в условиях рыночной экономики организацию учебного процесса необходимо пересмотреть в рамках нового **спрос-ориентированного подхода**, в котором объектом образовательного процесса считаются знания педагога, а студент выступает в качестве заказчика.*

В цепочке «поставщик — товар — заказчик» поставщик — это образовательное учреждение, знания педагога — это товар, поставляемый на рынок образовательных услуг, а заказчики — это студенты, их родители, отдельные секторы экономики, ГЧП и т. д. (рис. 1).

Отметим, что если при классическом (плановом) подходе цели обучения предшествовали конечному результату (пунктирные линии на рисунке 2), то при спрос-ориентированном подходе, наоборот, определение конечного продукта (результата) предшествует определению цели обучения (сплошные линии на рисунке 2). Если при классическом подходе деятельность педагога нацелена на полный контроль над деятельностью обучающегося, то при новом подходе при подготовке и ведении учебного процесса в первую очередь должны быть учтены интересы заказчика.

Таким образом, задачи организации учебного процесса в условиях чрезвычайных ситуаций целесообразно рассмотреть с точки зрения заказчика образовательных услуг, предполагающего организацию учебного процесса безопасного и в то же время обеспечивающего минимальность затрат и с качеством

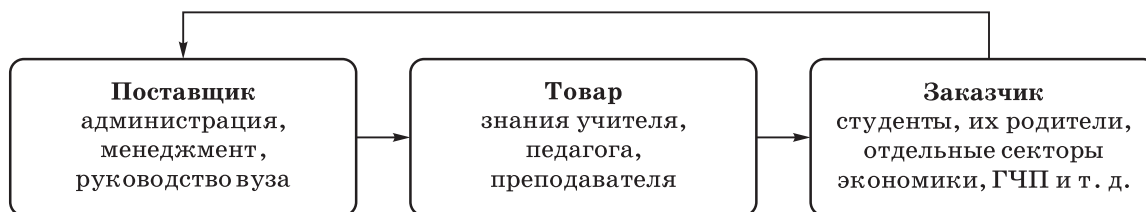


Рис. 1. Спрос-ориентированный подход к организации учебного процесса

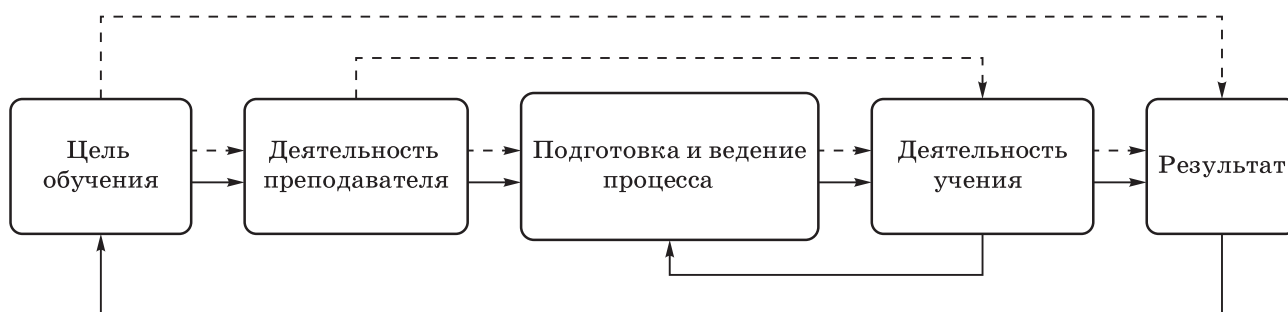


Рис. 2. Структура учебного процесса при классическом и спрос-ориентированном подходах

не хуже требуемого. Так как любой образовательный процесс является следствием отображения образовательных услуг в физическом или виртуальном пространстве, то в дальнейшем рассмотрим взаимодействие этих двух подсистем: образовательной инфраструктуры и учебного процесса.

3. Структурная модель образовательной системы

Как сказано ранее, образовательная система состоит как минимум из двух компонентов: образовательной инфраструктуры и учебного процесса. **Образовательную инфраструктуру** можно определить, как всевозможные каналы связи между поставщиком и заказчиком (потребителем) образовательных услуг. Такими каналами связи могут быть различные формы и технологии обучения (очное, заочное, дистанционное и т. д.), которые предоставляют возможность обмениваться учебно-методической, научной и педагогической информацией в физическом или виртуальном пространстве. А сам процесс обмена информацией между заказчиком и поставщиком называется **учебным процессом**.

С точки зрения заказчика, он выбирает наиболее удобный для себя канал связи, обеспечивающий ему наиболее дешевую по финансовым затратам и в то же время наиболее безопасную образовательную инфраструктуру. Другими словами, процесс взаимодействия с поставщиком образовательных услуг производится по выбранному каналу связи, т. е. **учебный процесс отображается в образовательную**

инфраструктуру, удовлетворяющую требованиям заказчика (рис. 3).

Отметим, что так как поставщики образовательных услуг (вузы) по своей природе являются конкурентами, то их можно представить, как непересекающиеся множества. Элементами каждого такого множества могут быть, в частности, образовательные услуги. В то же время множества потребителей различных образовательных услуг также являются непересекающимися. Тогда структуру образовательной системы можно представить в виде графа или гиперграфа [10–12].

Итак, модель образовательной инфраструктуры представляет собой двудольный граф $PN = (X, V)$, в котором множество его вершин можно разбить на две части $X_1 \cup X_2 = X$ таким образом, что каждая ветвь $v \in V$ графа PN соединяет вершины из разных множеств X_1 и X_2 , где X_1 — множество образовательных учреждений (вузов), а X_2 — множество потребителей.

В нашем случае мы имеем дело с полным двудольным графом, так как для каждой пары вершин $u \in X_1, v \in X_2$ существует ребро $(u, v) \in V$. Этот граф мы назовем **графом инфраструктуры**.

Понятно, что образовательный процесс в зависимости от формы обучения и выбранного метода обучения осуществляется в соответствии с одной из следующих схем (рис. 4).

Таким образом, модель учебного процесса представляет собой (в зависимости от выбранного метода обучения) или дерево, или частичный двудольный граф, или полный двудольный граф. Обозначим этот

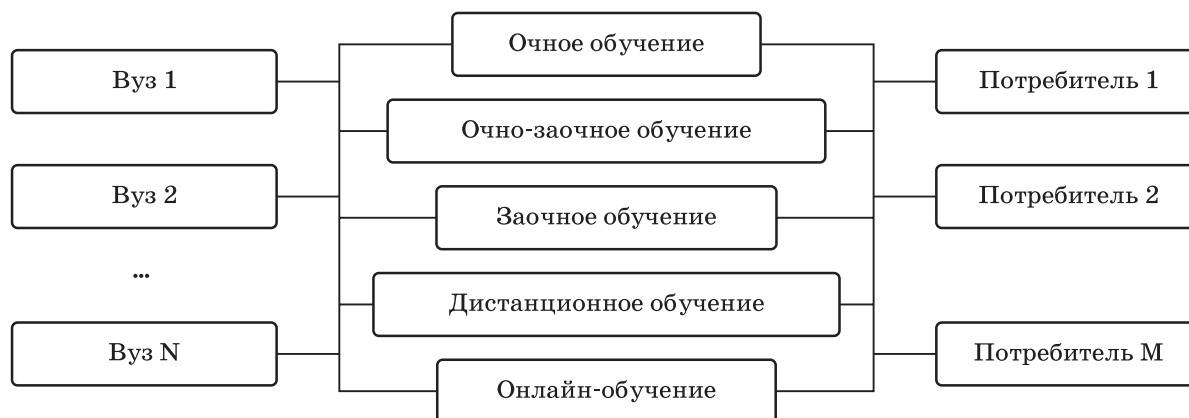


Рис. 3. Общий вид образовательной инфраструктуры

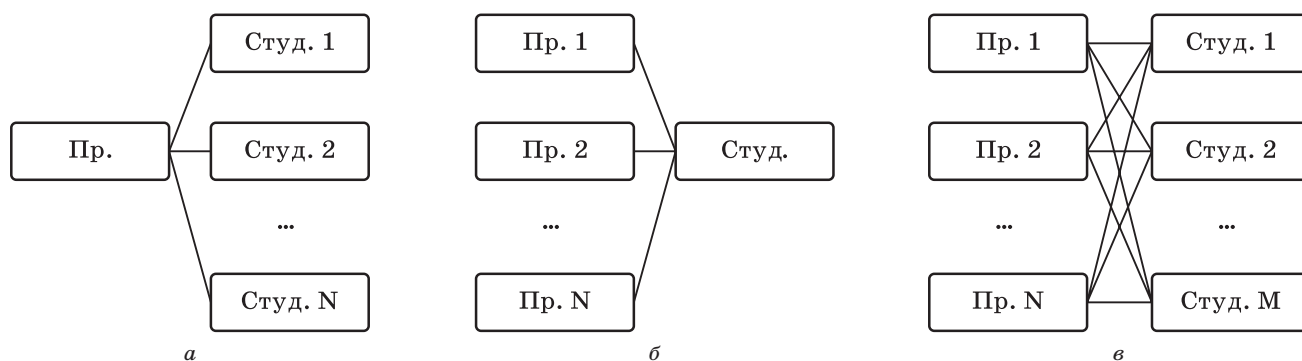


Рис. 4. Структура учебного процесса:
а, б — дерево, в — двудольный граф

граф через $SN = (Y, R)$, в котором $Y_1 \cup Y_2 = Y$, где Y_1 — множество преподавателей, Y_2 — множество студентов и R — коммуникации (методы обучения: пассивный, активный или интерактивный) между поставщиком и заказчиком образовательных услуг. Тогда в общем случае возникает задача отображения графа $SN = (Y, R)$ в граф $PN = (X, V)$, т. е. $F: SN \rightarrow PN$ при различных ограничениях и требованиях. Отметим, что между элементами $Y \in SN$ и $X \in PN$ существует сюръективное отображение: если каждая вершина $x \in X$ графа первичной сети PS является образом хотя бы одного элемента $y \in Y$ графа вторичной сети WS , то отображение F называется сюръективным, т. е. $\forall y \in Y$ графа $SN \exists x \in X$ в графе PN . Это говорит о том, что каждый преподаватель (педагог) привязан к одному или нескольким образовательным учреждениям.

4. Гиперсетевая модель структуры образовательной системы

Так как любой образовательный процесс осуществляется путем отображения в образовательные инфраструктуры, то систему образования можно рассматривать как двухуровневую иерархическую структуру, представляющую собой взаимодействие двух подсистем: образовательного процесса и образовательной инфраструктуры. Поскольку структура образовательного процесса моделируется графом $SN = (Y, R)$, а образовательная инфраструктура — графом $PN = (X, V)$, то структуру образовательной системы в целом можно моделировать двухуровневой гиперсетью, определяемой следующим образом [13].

Гиперсеть $HN = (X, V, R; P, F, W)$ включает следующие объекты:

- $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ — множество вузов и потребителей (вершин);
- $V = (v_1, v_2, \dots, v_g)$ — множество форм обучения (очное, заочное, очно-заочное, дистанционное, онлайн-обучение);
- $R = (r_1, r_2, \dots, r_m)$ — множество коммуникаций между преподавателями и студентами;
- $P: V \rightarrow X^2$ — отображение, сопоставляющее каждому элементу $v \in V$ множество вершин

$P(v) \subseteq X$. Тем самым отображение P определяет граф первичной сети $PN = (X, V)$;

- $F: R \rightarrow 2^V$ — отображение, сопоставляющее каждому элементу $r \in R$ множество коммуникаций $F(r)$, образующих простой маршрут в графе $PN = (X, V)$. Множество всех маршрутов $F(r)$, отображающее для каждой коммуникации $r \in R$ графа SN единственную форму обучения в графе PN , назовем вложением графа SN в PN ;
- $W: R \rightarrow 2^{P(F(R))}$ — отображение, сопоставляющее каждому элементу $r \in R$ множество вершин $W(r) \subseteq P(F(r))$ в графе PN , где $P(F(r)) = Y$ — множество вершин в PN , инцидентных коммуникациям $F(r) \subseteq V$. Отображение W определяет граф вторичной сети $SN = (Y, R)$.

Из определения гиперсети следует, что математическая модель инфраструктуры образовательного процесса соответствует графу первичной сети $PN = (X, V)$, а математическая модель структуры образовательного процесса — графу вторичной сети $SN = (Y, R)$. Взаимодействие этих подсистем, т. е. структура самой образовательной системы определяется гиперсетью HN .

5. Построение сети образовательной системы заданной живучести и надежности

Как уже неоднократно сказано в данной статье, любая образовательная система с точки зрения данного исследования представляет собой взаимодействие двух компонентов: образовательной инфраструктуры и образовательного процесса. При этом следует отметить, что непрерывность и безопасность образовательного процесса в значительной степени зависит от надежности функционирования образовательной инфраструктуры.

Понятие «живучесть» было впервые введено в 1897 году русским адмиралом С. О. Макаровым как «способность судна продолжать бой, имея повреждения в различных боевых частях». Аналогично можно ввести понятие «живучесть образовательной системы»:

Живучесть образовательной системы — это способность непрерывного функционирования образовательной системы при воздействии различных внештатных дестабилизирующих внешних факторов.

В качестве внешних дестабилизирующих факторов могут выступать: аварийное состояние объекта, военное положение, межэтнический конфликт, эпидемиологическая остановка и т. п.

На языке теории графов и гиперсетей живучесть сводится к структурной или функциональной связности рассматриваемой системы для выполнения хотя бы части своих функций после воздействия на них внешних непредвиденных факторов [14, 15].

Приведем более **общую задачу построения гиперсети заданной живучести** [13].

Требуется построить гиперсеть $HN = (PN, SN, F)$, для которой

$$Q(HN) = \left(\sum_{v \in F(r), \forall r \in R} a(v) + \sum_{r \in R} b(r) \right) \rightarrow \min \quad (1)$$

при ограничениях:

$$\omega(HN) \geq k, \quad (2)$$

$$\forall v \in V: \sum_{r \in F^{-1}(v)} \delta(r) \leq \alpha(v), \quad (3)$$

где:

$a(v)$ — стоимость обслуживания инфраструктуры образовательной системы;

$b(r)$ — стоимость норма/часов преподавателя (в настоящее время наблюдается тенденция заменить несколько преподавателей одним, способным вести занятия одновременно по различным каналам);

$\alpha(v)$ — пропускная способность ветвей графа инфраструктуры образовательной системы;

$\delta(r)$ — пропускная способность ребер коммуникативного графа, определяемая как возможность обслуживания преподавателем спроса за один академический час.

Задача (1)–(3) предполагает учет непредвиденных внешних факторов, что является актуальным в современных экономических условиях.

Одна из разновидностей задачи (1)–(3) — когда у нас имеется статистика или прогноз по внешним воздействующим факторам, влияющим на работоспособность рассматриваемой системы [16–18]. В этом случае задачу можно рассматривать в следующей постановке.

Требуется построить гиперсеть $HN = (PN, SN, F)$, для которой

$$Q(HN) = \left(\sum_{v \in F(r), \forall r \in R} a(v) + \sum_{r \in R} b(r) \right) \rightarrow \min \quad (1)$$

при ограничениях:

$$P(HN) = \min_r p(r) \geq P_0, \quad (2')$$

где:

$p(v)$ — вероятность существования ветви $v \in V$ первичной сети;

$\forall: p(r) = \prod_{v \in F(r)} p(v); 0 < P_0 \leq 1$ — заданный порог надежности.

Задача в такой постановке позволяет нам представить структуру единой образовательной системы в виде двухуровневой гиперсети. Отметим, что задача (1)–(2') является NP-трудной [19], поэтому решение нужно искать в виде приближенного алгоритма на основе различных метаэвристик [20, 21] и модели гиперсети, что является предметом дальнейшего исследования.

6. Заключение

В статье предложена новая гиперсетевая технология организации учебного процесса, основанная на иерархическом представлении структуры образовательной системы. Предложенная технология организации образовательного процесса учитывает взаимодействие двух подсистем — образовательной инфраструктуры и учебного процесса. Показано, что надежность функционирования образовательной системы, от которой в значительной степени зависит психологическая и физическая безопасность обучающегося, зависит от надежности образовательной инфраструктуры. Предложен новый спрос-ориентированный подход к организации учебного процесса, соответствующий реалиям рыночных отношений. Данный подход предполагает реализацию учебного процесса в соответствии с цепочкой «поставщик — товар — заказчик», в которой поставщик — это образовательное учреждение, знания педагога — товар, поставляемый на рынок образовательных услуг, а заказчик — студенты, их родители, отдельные секторы экономики, ГЧП и т. д.

В качестве математической модели для структуры образовательной системы предложена модель гиперсети, в которой образовательная инфраструктура описывается графом первичной сети, а структура образовательного процесса — графом вторичной сети. Предложенная модель, в отличие от существующих, позволяет учесть вложенность структуры образовательного процесса в образовательную инфраструктуру.

Предложенная модель и новый спрос-ориентированный подход позволяют сформулировать новый тип задач, учитывающий интересы потребителя образовательных услуг и непредвиденные внештатные воздействия. Введено понятие «живучесть образовательной системы» как способность непрерывного функционирования данной системы при воздействии различных внештатных дестабилизирующих внешних факторов. Задача организации образовательного процесса в условиях чрезвычайных ситуаций сформулирована как задача построения гиперсети минимальной стоимости, заданной надежности и живучести, что является новым и актуальным в области исследования. В качестве метода решения поставленной задачи предложено использовать приближенные алгоритмы, основанные на различных метаэвристиках.

В целом работа носит теоретико-рекомендательный характер, и доведение ее до уровня практической реализации на примере конкретной образовательной организации является предметом дальнейшего исследования.

Список использованных источников

1. Пучков В. А. Гражданская защита. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2015. 624 с. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23623287>
2. Аджемов А. С., Шестаков В. В., Манонина И. В. Технические и методологические проблемы формирования образовательного пространства цифрового университета // Информатика и образование. 2020. № 3. С. 62–70. (На англ.) DOI: 10.32517/0234-0453-2020-35-3-62-70
3. Каракозов С. Д., Уваров А. Ю., Рыжова Н. И. На пути к модели цифровой школы // Информатика и образование. 2018. № 7. С. 4–15. DOI: 10.32517/0234-0453-2018-33-7-4-15
4. Силакова О. В. Комплексная безопасность образовательного учреждения как важнейшее условие обеспечения безопасных условий проведения учебно-воспитательного процесса // Молодой ученый. 2014. № 18.1. С. 84–88. <https://moluch.ru/archive/77/13216/>
5. Черненькая Л. В., Магер В. Е., Черненький А. В., Десятириков Ф. А. Повышение надежности образовательной системы путем оценки рисков вуза // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. 2018. Т. 2. С. 314–316. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36322548>
6. Фельдштейн Д. И. Глубинные изменения детства и актуализация психолого-педагогических проблем развития образования. СПб.: СПбГУП, 2011. 36 с.
7. Андронникова О. О. Безопасность образовательной среды как условие сохранения физического и психологического здоровья участников образовательного процесса // Развитие человека в современном мире. 2019. № 2. С. 79–87. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38533311>
8. Найденов Н. Д., Кирсова Т. А. Анализ соотношения платных и бесплатных образовательных услуг в высшем профессиональном образовании // Современные исследования социальных проблем. 2014. № 11. С. 267–277. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22935776>
9. Харьковская Е. М. Сочетание традиционных и инновационных технологий обучения в системе профессионального образования. <http://lfostu.ucoz.ru/publ/>
10. Зыков А. А. Гиперграфы // Успехи математических наук. 1974. Т. 29. Вып. 6. С. 89–154. <http://mi.mathnet.ru/umn4449>
11. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. М.: Мир, 1978. 432 с.
12. Харари Ф. Теория графов. М.: УРСС, 2003. 300 с.
13. Полков В. К. Математические модели связности. Новосибирск: ИВМиМГ СО РАН, 2006. 490 с. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19451562>
14. Малашенко Ю. Е., Рогожин В. С., Ферапонтов Е. В. Живучесть сетевых систем. М.: ВЦ АН СССР, 1989. 61 с.
15. Попова А. С. Методы оптимизации структур зонных сетей связи. Новосибирск: ВЦ СО АН СССР, 1984. 181 с.
16. Rodionov A. S., Rodionova O. K. Random hypernets in reliability analysis of multilayer networks // Computational Problems in Science and Engineering. Cham: Springer, 2015. P. 307–315.
17. Rodionov A. S., Rodionova O. K. Using random hypernets for reliability analysis of multilevel networks // Mathematical Methods in Science and Engineering. Proc. 1st Int. Conf. on Mathematical Methods & Computational Techniques in Science & Engineering. Athens, 2014. P. 119–121.
18. Colbourn C. J. The combinatorics of network reliability. Oxford University Press, 1987. 160 p.
19. Токтошов Г. И., Юргенсон А. Н., Мигов Д. А. О сложности задач оптимизации сетей инженерных коммуникаций // Т-Comm — Телекоммуникации и транспорт. 2020. Т. 14. № 9. С. 17–23. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44066723>
20. Talbi El-G. Metaheuristics: From design to implementation. Wiley, 2009. 624 p.
21. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. М.: Мир, 1982. 416 с.

ON THE ORGANIZATION OF THE EDUCATIONAL PROCESS IN THE CONDITIONS OF EMERGENCY SITUATIONS

G. Y. Toktoshov¹

¹ Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS
630090, Russia, Novosibirsk, prospect Ac. Lavrentieva, 6

Abstract

The article discusses the issues of organizing the educational process in conditions of unforeseen freelance influences, such as accidents, terrorist acts, military or interethnic conflicts, fires, drought, epidemiological situation, etc. It is shown that in a market economy, educational institutions — both state and private ones — reoriented themselves from the planned training of specialists to the customer's demand for educational services. A new demand-oriented approach to the organization of the educational process is proposed, in which the educational process is presented in the form of a chain “seller — product — consumer”. It is shown that from the point of view of the consumer, the safety and efficiency of educational services are among the important requirements in the face of unforeseen freelance influences. A new structural model of the educational system is proposed, which implies the interaction of two subsystems — the educational infrastructure and the educational process. It is shown that the structural reliability of the educational system is an important indicator for ensuring the psychological and physical safety of participants in the educational process. A new mathematical model based on graphs and hypernets is proposed, which takes into account the mapping of the educational process into the educational infrastructure. The concept of “survivability of the educational system” is introduced as the ability of continuous functioning of this system under the influence of various external destabilizing factors. The task of organizing the educational process in emergency situations from the point of view of the consumer is set as the task of building a hypernet of minimum cost and specified reliability.

Keywords: reliability, safety, educational process, educational infrastructure, graph, hypernet.

DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-5-21-27

For citation:

Toktoshov G. Y. Ob organizatsii uchebnogo protsessa v usloviyakh chrezvychajnykh situatsij [On the organization of the educational process in the conditions of emergency situations]. *Informatika i obrazovanie — Informatics and Education*, 2021, no. 5, p. 21–27. (In Russian.)

Received: February 26, 2021.

Accepted: April 6, 2021.

Acknowledgments

The research was carried out within the framework of the State Task of the Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS (0251-2021-0005).

About the author

Gulzhigit Y. Toktoshov, Candidate of Sciences (Engineering), Docent, Researcher at the Laboratory of Systems Modeling and Optimization, Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, Novosibirsk, Russia; tgi_tok@rambler.ru; ORCID: 0000-0001-7697-7713

References

1. Puchkov V. A. Grazhdanskaya zashchita [Civil protection]. Moscow, FC VNII GOChS Emercom of Russia, 2015. 624 p. (In Russian.)
2. Adzhemov A. S., Shestakov V. V., Manonina I. V. Technical and methodological problems of formation of the educational space of digital university. *Informatika i obrazovanie — Informatics and Education*, 2020, no. 3, p. 62–70. DOI: 10.32517/0234-0453-2020-35-3-62-70
3. Karakozov S. D., Uvarov A. Yu., Ryzhova N. I. Na puti k modeli tsifrovoy shkoly [To the digital school's model]. *Informatika i obrazovanie — Informatics and Education*, 2018, no. 7, p. 4–15. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2018-33-7-4-15
4. Silakova O. V. Kompleksnaya bezopasnost' obrazovatel'nogo uchrezhdeniya kak vazhneyshee uslovie obespecheniya bezopasnykh usloviy provedeniya uchebno-vospitatel'nogo protsessa [Integrated security of an educational institution as the most important condition for ensuring safe conditions for the educational process]. *Molodoj uchenyj — Young Scientist*, 2014, no. 18.1, p. 84–88. (In Russian.) Available at: <https://moluch.ru/archive/77/13216/>
5. Chernenkaya L. V., Mager V. E., Chernenky A. V., Desyatnikov F. A. Povyshenie nadezhnosti obrazovatel'noj sistemy putem otsenki riskov vuza [Enhancement of the education system's dependability by the estimation of risks of high education institution]. *Mezhdunarodnaya konferentsiya po myagkim vychisleniyam i izmereniyam — International Conference on Soft Computing and Measurements*, 2018, vol. 2, p. 314–316. (In Russian.)
6. Feldshtein D. I. Glubinye izmeneniya detstva i aktualizatsiya psikhologo-pedagogicheskikh problem razvitiya obrazovaniya [Profound changes in childhood and actualization of psychological and pedagogical problems of education development]. Saint Petersburg, SPbUHSS, 2011. 36 p. (In Russian.)
7. Andronnikova O. O. Bezopasnost' obrazovatel'noj sredy kak uslovie sokhraneniya fizicheskogo i psikhologicheskogo zdorov'ya uchastnikov obrazovatel'nogo protsessa [Safety of the educational environment as a condition for the preservation of the physical and psychological health of participants in the educational process]. *Razvitie cheloveka v sovremennom mire — Human Development in the Modern World*, 2019, no. 2, p. 79–87. (In Russian.)
8. Naydenov N. D., Kirosova T. A. Analiz sootnosheniya platnykh i besplatnykh obrazovatel'nykh uslug v vysshem professional'nom obrazovanii [Analysis of the ratio of free and paid educational services in higher professional education]. *Sovremennye issledovaniya sotsial'nykh problem — Contemporary Research on Social Problems*, 2014, no. 11, p. 267–277. (In Russian.)
9. Kharkova E. M. Sochetanie traditsionnykh i innovatsionnykh tekhnologij obucheniya v sisteme professional'nogo obrazovaniya [Combination of traditional and innovative learning technologies in the vocational education system]. (In Russian.) Available at: http://lfostu.ucoz.ru/publ/sovremennye_podkhody_k_organizacii_uchebnogo_process/2_aprobaciya_sovremennykh_podkhodov_k_organizacii_obrazovatel'nogo_processa/sochetanie_tradicionnykh_i_innovacionnykh_tekhnologij_obucheniya_v_sisteme_professional'nogo_obrazovaniya/36-1-0-350
10. Zykov A. A. Gipergrafy [Hypergraphs]. *Uspekhi matematicheskikh nauk — Russian Mathematical Surveys*, 1974, vol. 29, is. 6, p. 89–154. (In Russian.) Available at: <http://mi.mathnet.ru/umn4449>
11. Christofides N. Teoriya grafov. Algoritmicheskij podkhod [Graph theory. Algorithmic approach]. Moscow, Mir, 1978. 432 p. (In Russian.)
12. Harari F. Teoriya grafov [Graph theory]. Moscow, URSS, 2003. 300 p. (In Russian.)
13. Popkov V. K. Matematicheskie modeli svyaznosti [Mathematical models of connectivity]. Novosibirsk, ICMiMG SB RAS, 2006. 490 p. (In Russian.)
14. Malashenko Yu. E., Rogozhin V. S., Ferapontov E. V. Zhivuchest' setevykh sistem [Survivability of networked systems]. Moscow, Computing Center of the USSR Academy of Sciences, 1989. 61 p. (In Russian.)
15. Popova A. S. Metody optimizatsii struktur zonovykh setej svyazi [Methods for optimizing the structures of zonal communication networks]. Novosibirsk, Computing Center of the Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences, 1984. 181 p. (In Russian.)
16. Rodionov A. S., Rodionova O. K. Random hypernets in reliability analysis of multilayer networks. *Computational Problems in Science and Engineering*. Cham, Springer, 2015, p. 307–315.
17. Rodionov A. S., Rodionova O. K. Using random hypernets for reliability analysis of multilevel networks. *Mathematical Methods in Science and Engineering. Proc. 1st Int. Conf. on Mathematical Methods & Computational Techniques in Science and Engineering*. Athens, 2014, p. 119–121.
18. Colbourn C. J. The combinatorics of network reliability. Oxford University Press, 1987. 160 p.
19. Toktoshov G. Y., Yurgenson A. N., Migov D. A. Oslozhnennosti zadach optimizatsii setej inzhenernykh kommunikatsij [Complexity analysis of optimization problems of utility communications networks]. *T-Comm — Telecommunications and Transport*, 2020, vol. 14, no. 9, p. 17–23. (In Russian.)
20. Talbi El-G. Metaheuristics: From design to implementation. Wiley, 2009. 624 p.
21. Gary M., Johnson D. Vychislitel'nye mashiny i trudnoreshaemye zadachi [Computing machines and difficult problems]. Moscow, Mir, 1982. 416 p. (In Russian.)