

ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИКИ И УПРАВЛЕНИЯ

УДК 332.3 +550.34.013

К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОРГАНОВ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Е.В. Борисова

Тверской государственной технической университет, г. Тверь

© Борисова Е.В., 2022

DOI: 10.46573/2409-1391-2022-4-52-60

***Аннотация.** В статье исследуются междисциплинарные исследования по вопросам мониторинга состояния и развития территории, в которых информация определяется как важный ресурс для принятия управленческих решений (эти исследования являются актуальными для цифрового общества). Организация работы органов муниципального и регионального управления предполагает наличие динамической структуры информационного взаимодействия, отвечающей текущим и перспективным задачам. Подходы к построению модели рассматриваются на основе классической теории графов, методов индексного анализа, позволяющих выполнять преобразование структур и обеспечить поиск уязвимых мест информационной сети. Количественные оценки элементов и их связей предлагается получать в виде индексной свертки по форме полярного индекса. Достигнутый уровень сложности при моделировании обеспечивает защиту системы и высокую способность поддерживать основные информационные потоки при трансформации структуры.*

***Ключевые слова:** информационное взаимодействие, модификация структуры, графы, индекс, свертка индикаторов.*

***Введение.** Функционирование органов территориального управления в условиях цифрового общества диктует необходимость построения и исследования моделей систем информационных взаимодействий. «В паспорте национальной программы "Цифровая экономика Российской Федерации" обозначены шесть федеральных проектов, среди которых "Информационная инфраструктура", "Цифровое государственное управление", "Информационная безопасность"» [9]. Процесс реализации указанных проектов предусматривает проект «Цифровое государственное управление». Формирующаяся цифровая среда предопределяет существенное расширение информационного оперативного контента, оказывающего непосредственное влияние на управленческие процессы в регионе. Междисциплинарные исследования, направленные на изучение подходов к прогнозированию и уточнение методов мониторинга текущего состояния социально-экономических объектов, рассматривающие информацию как важный ресурс для принятия управленческих решений, являются актуальными, поскольку отвечают реалиям современности. «Внедрение цифровых технологий позволяет максимально точно и прозрачно оценивать результаты работы в регионе. Использование инструмента "полярные индексы" позволяет повысить*

точность оценки работы органов местного самоуправления, а также эффективность процесса принятия решений» [10, с. 187].

Одним из значимых шагов по развитию цифрового управления является создание сети региональных ситуационных центров (СЦ) и активизация их работы. «Базовые направления национального проекта "Цифровая экономика" должны поддерживаться и обеспечиваться системным направлением по созданию СЦ, поскольку именно они являются основой интеграции всех информационных и интеллектуальных технологий для принятия управленческих решений» [8]. Исследования в области управляемых систем на различных уровнях – государственном, региональном, муниципальном – в значительной степени ориентированы на практические вопросы взаимодействия в информационной сфере. Цель данной статьи – показать возможный подход к моделированию эволюции структур информационных систем, состоящих в свою очередь из динамических элементов, отражающих различные иерархические уровни управления и обеспечивающих защиту от входных воздействий и способность поддерживать основные информационные потоки при трансформации структуры.

Методы. Анализ информационных источников подтверждает потребность в изучении особенностей функционирования систем информационного взаимодействия объектов регионального управления. Междисциплинарный характер задач связан с рядом существующих исследовательских направлений: системного анализа (Р.А. Акофф, И.В. Блауберг); муниципального управления (А.Г. Воронин); целевого управления (А.И. Пригожин); информационного обеспечения управления (К. Шеннон); теории иерархических многоуровневых систем (И. Такахара); математических методов в системном анализе (Н.Н. Моисеев), классической теории графов (Ф. Харари), методов количественного анализа (Р. Томас) и др.

Результаты. В целях обеспечения единого информационного пространства функционирования региональных органов управления необходимо учитывать особенности их структуры. Согласно Конституции РФ, субъекты Российской Федерации обладают самостоятельностью в вопросах формирования территориальной системы органов исполнительной власти (ОИВ). Одновременно они должны быть «встроены» в единую федеральную систему. Таким образом, в каждом субъекте совместно функционируют федеральные, региональные и муниципальные субъекты органов управления. При этом, как отмечают многие исследователи, «пока слабо разработан механизм оптимального взаимодействия исполнительных органов власти всех уровней» [4]. Заместитель начальника УИС Спецсвязи ФСО России Н. Ильин указывает: «Наблюдается потребность в создании имитационных моделей структур информационных сетей и объектов с возможностью анализа различных вариантов развития событий. Формирование отчетов – это не аналитика, моделирование ситуации – вот настоящая аналитика» [8].

Информационная сеть (как динамическая цифровая система) для обеспечения совместной работы органов регионального управления предполагает построение иерархической структуры взаимодействия регионального информационного центра управления (РИЦУ) с системой распределенных СЦ $\{СЦ_i\}$, региональных подразделений ОИВ $\{I_i\}$ и оперативных исполнителей $\{i_i\}$. Модельная схема такой сети изображена на рис. 1.

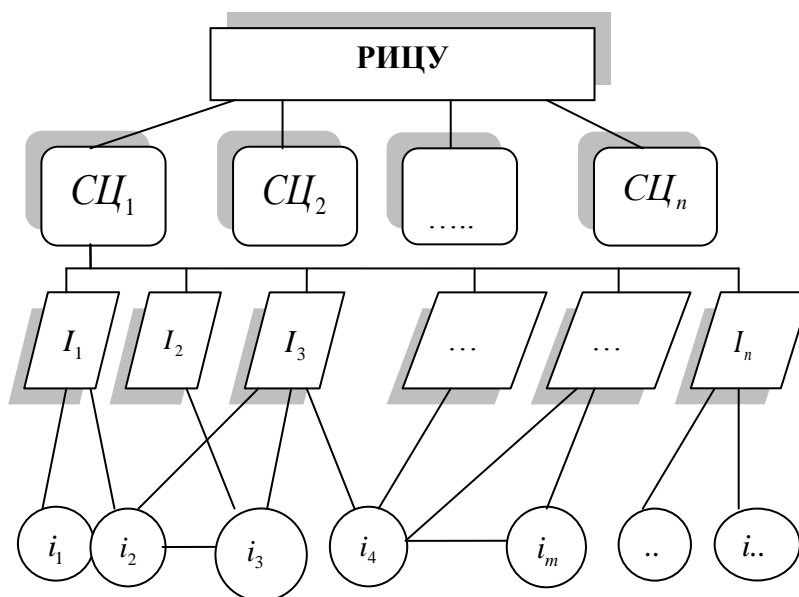


Рис. 1. Схема структуры информационных связей системы регионального управления

Региональные СЦ призваны обеспечить оперативность и качество принятия решений в области управления и обеспечения безопасности. В каждом из таких центров аккумулируется оперативная информация о социальной сфере, экономической ситуации; состоянии финансовой сферы, взаимодействии предприятий и организаций различной ведомственной принадлежности и формы собственности с учетом региональных особенностей и др. Информационные сети, объединяющие СЦ, региональные подразделения ОИВ, оперативных исполнителей, призваны обеспечивать мониторинг социально-экономического состояния региона; прогноз динамики основных региональных показателей развития; контроль оперативной обстановки. Построение эффективной структуры сети информационного взаимодействия обеспечит решение и оперативных, и прогнозных задач управления.

Важно отметить, что в структурных вариациях системы управления заложены ее способности как к сохранению, так и разрушению, поскольку эти процессы идут по одним и тем же путям. Направления эволюции у сложных систем обуславливаются внешним и внутренним характером. Внутренние изменения можно обозначить как развитие. А.А. Зиновьев пишет: «Развитие объекта есть раскрытие или развертывание внутренних изначальных потенциалов. Если объект разрушается внешними силами, но сохраняются образовавшие его люди, то из остатков объекта в случае надобности возникает новый объект, максимально близкий по социальному качеству к разрушенному» [3]. В аспекте вопросов прогнозирования поведения сложной системы при ее эволюционном развитии необходимо (на модельных решениях) довести ее до того уровня, с которого внешнее воздействие не будет фатальным, а скорость восстановления (при возникновении как внешних, так и внутренних напряжений) будет наибольшей.

Задачу описания структуры информационных систем можно решить, используя представление ее элементов и связей в виде графа как математической формы. С формализованной точки зрения иерархическую структуру можно рассматривать или как ориентированный граф, или как неориентированный. Представление в виде графа

(в аспекте анализа развития рассматриваемых систем) дает возможность применить аппарат матричного исчисления. Заметим, что даже в области (сфере) подчиненности ОИВ одному из распределенных СЦ число вершин $\{I_i\}$ графа и, далее, вершин следующего уровня $\{i_i\}$, а также связей между ними достаточно велико. Информационный взаимообмен между несколькими СЦ, а также наличие информационных потоков на одном уровне и возможных обратных связей обуславливает процессы дублирования, избыточности, а также потери части информации, перегрузки одних информационных каналов и/или не востребованности других. Таким образом, возникает практический аспект. Какие каналы можно исключить из информационной сети без ущерба работоспособности всей системы управления?

Вопрос о том, какие допустимые преобразования элементов сохраняют подобие исходных структур, может быть решен на основе обобщенных характеристик системы. В качестве характеристик структурных преобразований определим:

- количество элементов;
- число связей между элементами;
- «жизненную силу» элементов;
- «силу сцепления» элементов структуры;
- распределение связей между элементами (описание структуры);
- устойчивость структуры к внешним воздействиям [5, с. 67–82].

Поясним некоторые из приведенных терминов. «Жизненная сила» элемента – количественная оценка его состояния в условных единицах, например индикатор или индекс. «Сила сцепления» может рассчитываться как взвешенное среднее жизненных сил элементов, создающих связь. Связи между элементами могут быть положительными (полезными) и отрицательными (опасными). Сила сцепления, имеющая отрицательный знак, превращается в силу отталкивания.

Оценку состояния реальной или моделируемой системы информационного взаимодействия и определение вариантов ее развития возможно проводить с использованием матриц инцидентности. На иерархическом уровне, где расположены $\{СЦ_i\}$, для каждого из них (как очередного узла) в соответствующих матрицах отражаются существующие (проектируемые) связи, указанные в графе. Связи и узлы соответствуют ребрам (столбцам матрицы инцидентности) и вершинам (строкам матрицы). Понятие «инцидентность» рассматриваем как наличие связи между вершиной и ребром графа и обозначаем «1» в соответствующей позиции матрицы. Если построен неориентированный и невзвешенный граф, то его матрица инцидентности содержит элементы только с нулевыми и единичными значениями. Иначе говоря, при оценке состояния или составлении прогноза «жизненная сила» и «сила сцепления» элементов не учитываются. Учет наличия обратных связей в структуре информационных потоков предполагает построение ориентированного графа. В этом случае матрица инцидентности будет дополнительно содержать элементы «-1». Для каждой дуги $\langle x, y \rangle$ в соответствующем столбце ставится «-1» в строке вершины $\langle x \rangle$ и «1» в строке вершины $\langle y \rangle$. Элемент матрицы принимает нулевое значение «0» при отсутствии связи между вершиной и ребром. С учетом введенных понятий «жизненная сила» и «сила сцепления» элементами матрицы могут быть значения, отличные от единицы.

Таким образом, исследование структурного подобия в теоретическом плане опирается на классическую теорию графов [7]. Матричная форма позволяет выполнять

преобразование изучаемых структур и дает возможность поиска уязвимых мест информационной иерархической сети. Региональные структуры по уровню информационного взаимодействия будут подобны, если матрицы инцидентности совпадут с точностью до значений «силы сцепления» их элементов.

Для оценки устойчивости функционирования структуры сопоставим силу внешнего давления с «силами сцепления» между элементами. Очевидно, что если внешнее давление превышает «жизненную силу» элемента, то он перестает функционировать, аналогично это происходит и с внешним воздействием на связи. В качестве такой внешней силы могут выступать избыточность, противоречивость, несвоевременность, несогласованность информационных потоков в любом направлении информационной сети. При этом внешнее воздействие может направляться на все элементы структуры в равной степени, а может быть сконцентрировано на отдельных элементах или узлах. В силу таких воздействий и происходит эволюция системы либо в сторону развития, либо в сторону разрушения.

Рассмотрим модельный вариант процесса разрушения при внешнем воздействии. На первом этапе структура приобретает древовидную форму вследствие разрыва связей и потери некоторых элементов. Происходит выделение лидера – элемента, имеющего наибольшую «жизненную силу». Следующий этап – приобретение системой звездчатой формы. Воздействие внешней силы на центр «звезды» приводит к разрушению системы, хотя отдельные ее элементы еще имеют возможность функционировать. Этапы могут проявляться и в иной последовательности, которая определяется исходной структурой и особенностями внешнего воздействия. Своевременное выявление явного лидера при обеспечении мониторинговых наблюдений (как инструмента контроля ситуации) не позволит структуре эволюционировать в направлении разрушения. Простейший случай эволюции структуры неориентированного графа и соответствующих ему матриц инцидентности (количество строк – число вершин, количество столбцов – число связей) происходит за три шага. В исходном состоянии строим неориентированный, невзвешенный граф и соответствующую ему матрицу (рис. 2).

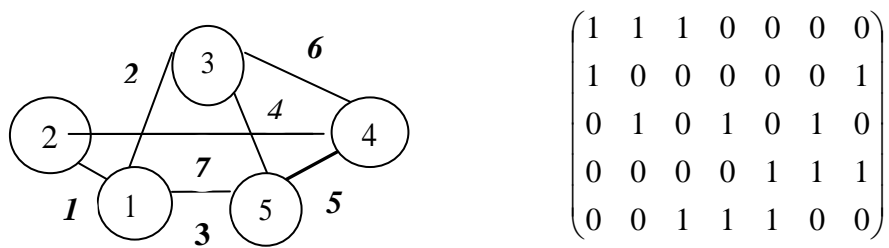


Рис. 2. Исходный вид структуры: граф и матрица

Под воздействием внешнего равномерного давления на все элементы структуры те из них, которые обладают слабой силой сцепления, теряют связи между собой. Структура системы приобретает новый вид, и размерность матрицы понижается. Выделяется элемент – лидер (в примере – вершина с номером 4), обладающий большей «жизненной силой», структура становится древовидной в силу утраты слабой связи между элементами 1–5. Результат эволюционных изменений приведен на рис. 3.

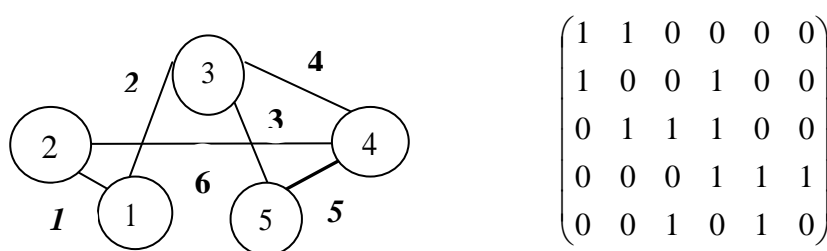


Рис. 3. Эволюция структуры под внешним равномерным воздействием

Если внешнее воздействие продолжить, то произойдет разрыв следующих по силе связей и, кроме того, «гибель» узлов с «жизненной силой», которая меньше, чем сила внешнего давления. Формируется звездная форма графа, что является последним этапом существования перед разрушением всех связей и большей части элементов. Выживает, как правило, только лидер, но он, лишенный связей и практически изолированный, уже не несет информационной нагрузки. Описанная ситуация показана на рис. 4.

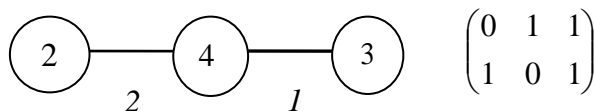


Рис. 4. Звездчатый граф и его матрица инцидентности

Более реалистичное моделирование системы информационного взаимодействия допускает вариации «жизненной силы» элементов, отказ рассматривать ее как константу. Учет динамики «жизненной силы» отдельных элементов и внешнего информационного воздействия обеспечит возможность оптимизации ресурсов структуры. Однако следует помнить, что динамическая оценка значений «жизненной силы» – это отдельная и достаточно сложная задача. Кроме того, направление эволюции зависит от того, как и на какой элемент системы оказывается воздействие.

Надежность количественной информации о состоянии изучаемой системы обеспечивается соответствующим (необходимым и достаточным) набором показателей состояния и развития и адекватными индексными свертками. Выбор показателей предполагает учет требований: «обеспечение отражения всех важнейших интересов социально-экономического развития региона; число показателей должно быть сведено к минимуму, но не меньше, чем это необходимо; перечень показателей должен быть сжатым, но охватывающим все актуальные аспекты; процесс определения перечня показателей должен носить коллективный характер, так как они должны отражать интересы и позиции различных участников; показатели должны сопровождаться четкой формулировкой, быть воспроизводимыми, недвусмысленными, понятными и практичными; показатели должны демонстрировать уровень жизнеспособности и устойчивости текущих направлений развития; существование возможности сравнения с альтернативными показателями» [1, с. 76].

Формирование списка используемых для индикаторного набора показателей требует анализа отдельных элементов информационной системы. Получение количественных значений по узлам влечет за собой использование агрегирования и сжатия существующей информации, а также направленного поиска отсутствующей.

При решении задач сопоставления состояний объекта в различные периоды времени широко применяется «индексный метод, позволяющий агрегировать различные показатели» [6]. Традиционным индексам, использующим различные вариации сверток, присуще требование – индикаторы, включаемые в их состав, должны быть однородными. Однородность определим как соответствие роста значений индикатора положительным приращениям индекса, а неоднородность – как понижение индексных значений за счет учета отрицательных значений индикаторов. «Для ряда процессов, среди факторов их отражающих, возможно выделить две группы индикаторов, которые условно определим как положительные и отрицательные. К положительным факторам отнесем те, из роста или убывания индикаторов ($i+$) которых следует соответственно увеличение или уменьшение значения индекса. Отрицательные факторы – это когда связь значений их индикаторов ($i-$) и величины индекса обратно пропорциональная» [2, с. 114]. Подробная методика агрегирования оценок, включающих знакопеременные индикаторы с целью сжатия имеющейся информации о состоянии или прогнозе развития элемента (объекта), представлена в работах [1, 2] и других публикациях автора. Форма индексов, названная полярным индексом, учитывает неоднородность индикаторов и представляется знаковым или степенным индексом. В рассматриваемом варианте показан знаковый индекс, рассчитываемый по формуле

$$I_i = 1 + \sum_{k=1}^{k=n} S_k u_k (i_k - 1),$$

где $i_k = \frac{P_i}{P_{0i}}$ – индикатор показателя (P_i – текущее значение показателя; P_{0i} – базовое);

$S_k = +1$ – знаковый множитель при прямо пропорциональной зависимости изменения P_i и индекса; $S_k = -1$ – при обратно пропорциональной зависимости изменения P_i и индекса; u_k – весовой коэффициент, отражающий значимость индикатора; n – число индикаторов [1, с. 75].

Динамическая оценка состояния элемента или процесса зависит от дрейфа показателей основных характеристик (факторов), однозначно определяющих данный элемент (процесс). Расчет индексных значений базируется на учете изменений входящих в него индикаторов.

Основной параметр, определяющий эффективность функционирования рассматриваемой системы управления, – скорость реагирования (точнее, время распространения информации до конечного исполнителя). Скорость реагирования обуславливается целями и поставленными задачами, уровнем сложности структуры, регламентами процессов при принятии решений и др. При этом наличие единственного лица, принимающего решения, не обеспечивает наилучшего результата. Более того, согласование мнений в значимых узлах увеличивает «жизненную силу» отдельных элементов. В организациях с жесткой организационной структурой ответственности за круг решаемых вопросов перенастройка (настройка на задачу) без модификации самой структуры приводит к неточности в принятии решения и увеличению времени доведения информации. Неточность определяется нарушением связей или отсутствием элементов, способных обеспечить решение поставленной задачи.

Система управления в информационную эпоху строится на основе сообщений, генерируемых, передаваемых и представляемых с помощью людей и/или технических средств. Построение эффективной модели дает инструмент для априорной оценки, понимание направления эволюции, а также подходы к модификации структуры

системы информационного взаимодействия между СЦ, органами регионального управления и лицами, принимающими решения.

Заключение. Разработка и модификация модели структуры информационного взаимодействия с использованием графов и матричных операций позволяют сделать ряд выводов:

1. Разнообразие функций системы обуславливается уровнем ее сложности, что, в свою очередь, повышает ее устойчивость к внешним воздействиям и обеспечивает большее время для сопротивления своему разрушению.

2. Информационная система обладает свойством прямо пропорциональной связи между спектром целей и функциональными возможностями.

3. По виду матрицы инцидентности можно оценить структуру системы и, как следствие, ее «жизнеспособность» и функциональные возможности.

4. Уменьшение разности скоростей распространения угроз и реагирования системы при структурных изменениях свидетельствует об исчерпании ресурсов данной системы или недостатке ее функциональных возможностей. Если скорость распространения угрозы приближается к скорости адекватного реагирования системы, последняя может потерять устойчивость и «жизнеспособность».

Высокие темпы цифровизации в современном обществе ориентированы преимущественно на технократический уклон, что не предполагает совершенствования структур взаимодействующих информационных потоков, связывающих между собой органы регионального управления в иерархической сети. Условием эффективности регионального управления выступает своевременная и достоверная информация, посредством которой осуществляются разработка и принятие управленческих решений. Оптимальная информационная структура, созданная для четко поставленных целей и конкретных задач, не только обеспечивает адекватное взаимодействие и осуществление обратной связи, но и выступает неотъемлемым элементом связи между объектами и субъектами управления. В интересах управления регионом значимым условием для оценки состояния и прогноза его успешного развития может служить моделирование эволюции структуры информационных потоков взаимодействующих элементов. Доступность и своевременность информации, кроме эффективных действий в чрезвычайных ситуациях, поддерживают управленческие решения для краткосрочного и перспективного прогнозирования отраслей экономики; сельскохозяйственного и промышленного производства, общественно-политического развития; обеспечения текущей деятельности должностных лиц, принимающих решения; осуществления контроля над исполнением поручений по различным направлениям.

Библиографический список

1. Борисова Е.В., Калабин А.Л. Учет влияния разнородных факторов в индексном анализе // Вопросы статистики. 2003. № 11. С. 75–78
2. Борисова Е.В., Калабин А.Л. Полярные индексы для оценки явлений, определяемых разнородными факторами // Экономика и математические методы. 2005. Т. 41. № 2. С. 113–117.
3. Зиновьев А.А. На пути к сверхобществу. М.: Центрполиграф, 2000. 576 с.
4. Наумов С.Ю. Система государственного управления: учебное пособие. М.: Форум, 2010. 302 с.
5. Расторгуев С.П. Информационная война. Проблемы и модели. Экзистенциальная математика. М.: Гелиос АРВ, 2006. 249 с.

6. Томас Р. Количественные методы анализа хозяйственной деятельности / пер. с англ. М.: Дело и Сервис, 1999. 432 с.
7. Харари Ф. Теория графов. М.: Мир, 1973. 304 с.
8. Материалы IX конференции «Ситуационные центры: фокус кросс-отраслевых интересов». URL: <https://www.frccsc.ru> (дата обращения: 20.07.2022).
9. Паспорт национальной программы «Цифровая экономика РФ». URL: <http://government.ru> (дата обращения: 02.06.2022).
10. Kalabin A., Bobrova E. Using polar indexes to improve the efficiency of regional management // Lecture Notes in Information Systems and Organisation: Digital Technologies in Teaching and Learning Strategies – Proceedings of DTTLS-2021. 2022. Pp. 187–196.

ON MODELLING THE STRUCTURE OF INFORMATION INTERACTION BETWEEN TERRITORIAL ADMINISTRATION BODIES

E.V. Borisova

Tver State Technical University, Tver

***Abstract.** The article discusses interdisciplinary research on the monitoring of the state and development of the territory, in which information is defined as an important resource for making managerial decisions (these studies are relevant for the digital society). The organization of municipal and regional management bodies implies a dynamic structure of information interaction that meets current and future challenges. The approaches to model building are considered on the basis of classical graph theory, index analysis methods that allow performing transformation of structures, and providing search of information network vulnerabilities. Quantitative estimations of elements and their links are suggested to be obtained in the form of index convolution according to the polar index form. The achieved level of complexity in modelling ensures system protection and high ability to maintain basic information flows during structure transformation.*

***Keywords:** information interaction, structure modification, graphs, index, indicator convolution.*

Об авторе:

БОРИСОВА Елена Владимировна – доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры высшей математики, Тверской государственной технической университет, Тверь, Россия; SPIN-код: 2188-2377; e-mail: elenborisov@mail.ru

About the author:

BORISOVA Elena Vladimirovna – doctor of pedagogical sciences, professor, professor of the department of higher mathematics, Tver State Technical University, Tver, Russia; SPIN-code: 2188-2377; e-mail: elenborisov@mail.ru