

Оценка потенциала опасности нарушителей на основе информационного метода и метода главных компонент

В.Н. Костин

Аннотация. В статье рассматриваются один из подходов анализа связей характеристик нарушителей на основе метода главных компонент (МГК) и информационно-вероятностного метода. Типовые нарушители описывались множеством неоднородных по физическому смыслу характеристик. С помощью метода главных компонент, формировалась матрица факторных нагрузок, на основе которой проводился анализ величины связи и значимости характеристик типовых нарушителей. Определялся сравнительный энтропийный потенциал опасности типовых нарушителей. Для каждого типа нарушителя определялся необходимый требуемый уровень системы физической защиты объекта от их целевой реализации. Полученные результаты необходимы для формирования модели базового нарушителя при определении требований к системе физической защиты для различных категорий опасности объектов.

Ключевые слова: связь характеристик типового нарушителя; метод главных компонент; информационно-вероятностный метод; энтропия.

Введение

Определение угроз и целей защиты необходимо для разработки модели типового нарушителя. Под моделью нарушителя понимается его логическое описание, включающее совокупность количественных (вес, скорость перемещения, рост и т.п.) и качественных (цели и способы действия, степень подготовленности, осведомленность об объекте и т.п.) характеристик нарушителя, с учетом которых определяются требования к комплексу инженерно – технических средств охраны [1].

Модель нарушителя содержит характеристики:

- типы нарушителей, которые могут выбрать объект в качестве потенциального предмета воздействия;
- цели, которые могут преследовать нарушители;

- мотивы действия каждого типа нарушителей;
- возможный численный состав группы нарушителей;
- используемое вооружение и технические средства;
- уровень осведомленности об объекте и его уязвимых местах;
- уровень подготовленности нарушителей, тактические приемы и способы действия нарушителей в различных условиях обстановки;
- финансовые и временные ресурсы на подготовку к противоправным действиям;
- допустимый уровень потерь для нарушителей в процессе проведения противоправных действий.

Методика формирования модели нарушителя описана в разных источниках, имеет схожий общий подход к ее разработке:

- в [2] описаны признаки классификации нарушителей, сделаны определенные пояснения допустимого уровня потерь для нарушителей, приведены зависимости превышения сил охраны над нарушителями от допустимого уровня потерь нарушителей и от допустимого уровня потерь сил охраны;

- в [3] понятие «модель нарушителя» не приводится, но описываются типы нарушителей, их возможности, тактика действия нарушителей. Достаточно подробно описывается применение диаграммы последовательности действий нарушителя, под которой понимается графическое изображение элементов системы защиты, используемое для оценки эффективности системы физической защиты на объекте.

Автор предлагает на основе метода главных компонент проанализировать связь между характеристиками, формирующими потенциал опасности типовых нарушителей, и с использованием информационно-вероятностного метода оценить их потенциал опасности. По результатам опасности типовых нарушителей предложить соответствующий уровень защищенности системы физической защиты объектов.

Данная задача решается для дифференцирования необходимых требований при определении требуемой величины защищенности категоризируемых объектов от базовых типовых нарушителей. В настоящее время эти вопросы решаются в основном экспертными методами [1], где присутствует элемент субъективизма,

или на основе теории нечеткой логики и нечетких гиперграфов [2]. Последние методы не позволяют оценить связь характеристик и их весовой вклад в формирование потенциала опасности объекта.

Особенностью статьи является обработка одних и тех же данных разными математическими методами с последующим анализом результатов.

Постановка задачи

Необходимо на основе МГК оценить структурную связь и значимость характеристик типовых нарушителей, формализованно интерпретировать определения основных компонент матрицы нагрузок. На основе перехода к матрице главных компонент нарушителей необходимо оценить их значимости или потенциал опасности. Сравнить результаты, полученные информационно вероятностным методом и МГК.

Приказом Министра промышленности и энергетики РФ [4] определены шесть типов потенциальных нарушителей, характеристики которых сведены в Табл. 1.

На основе данных Табл. 1 и экспертных оценок специалистов сформирована Табл. 2, т.е. осуществлен переход к количественным характеристикам нарушителей. Характеристика «последствия действий нарушителя» заменена соответствующим энтропийным потенциалом уровня последствий по результатам исследований статьи [5].

Табл. 1. Характеристики типовых нарушителей

Характеристики нарушителей	Тип нарушителя					
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
Численность	5 - 12	2 - 4	1	1	1	1
Цель действий	террор. акт	терр. акт	терр. акт	хищение	хищение	хищение, тер. Акт
Последствия действий нарушителя	федеральный, региональный, территориальный	за пределами объекта	в пределах объекта	в пределах объекта	в пределах объекта	в пределах объекта
Уровень осведомленности	общий уровень. (0.7)	средний уровень осведомленности (0.6)	низкий уровень осведомленности (0.3)	низкий уровень осведомленности (0.3)	высокий уровень осведомленности (0.9)	высокий уровень осведомленности (0.9)
Холодное и огнестрельное оружие оснащение	высокая вероятность	высокая вероятность	высокая вероятность	низкая вероятность	низкая вероятность	вооружен
Уровень подготовки преодоления барьеров, готовность вступить в бой	высок. $p > 0.8$	высокий уровень подготовки	высокий уровень подготовки	низкий уровень подготовки	низкий уровень подготовки	средний уровень подготовки

Табл. 2. Количественные характеристики типовых нарушителей

Тип нарушителя	Характеристики нарушителей					
	Численность	Цель действий	Последствия действий	Уровень информационной осведомленности	Холодное и огнестрельное оружие (техническая оснащенность)	Уровень физической подготовки преодоления
X ₁	8	10	0.2524	0.7	0.9	1
X ₂	4	9	0.1887	0.6	0.8	0.9
X ₃	1	8	0.1389	0.4	0.7	0.8
X ₄	1	2	0.0066	0.3	0.3	0.3
X ₅	1	2	0.0066	0.9	0.3	0.3
X ₆	1	5	0.0268	1	1	0.6

С целью исследования связей между характеристиками нарушителей (параметрами матрицы) использовался один из главных методов факторного анализа – метод главных компонент [6]. Метод позволяет на основе данных корреляционной матрицы разделить совокупность ортогональных векторов (компонент) или направлений по числу рассматриваемых переменных. Указанные векторы соответствуют собственным векторам и собственным значениям корреляционной матрицы. По МГК собственные значения выделяются в порядке убывания, что существенно для описания данных в случае использования лишь незначительного числа компонент.

Метод главных компонент ориентирован на дисперсии. Хотя несколько компонент могут выделить большую часть суммарной дисперсии переменных, однако для точного воспроизведения корреляции между переменными требуются все компоненты.

Модель метода главных компонент представлена в виде равенства:

$$y'_j = \sum_{i=1}^n a_{jr} f_r \quad (1)$$

где f_r - r -я главная компонента;

a_{jr} - вес r -й компоненты на j -й переменной.

Если отправной точкой является корреляционная матрица R с единицами на главной диагонали, то говорят о компонентном анализе, модель которого отлична от модели классического факторного анализа и приводит к дескриптивным факторам. Если в матрице R используют оценки общностей, то получают

модель факторного анализа. Классическая модель факторного анализа имеет вид:

$$R = A * C * A^T, \quad (2)$$

где R - корреляционная матрица;

A - матрица факторных нагрузок, отражающая связи между факторами;

C - корреляционная матрица, отражающая связи между факторами;

A^T - транспонированная матрица факторных нагрузок.

Если наложить условие независимости факторов, т. е. $C = 1$, где 1 – единичная матрица, то получим:

$$R = A * A^T. \quad (3)$$

Система уравнений, соответствующая (3), имеет однозначное решение с вводом дополнительных условий, а именно: сумма квадратов нагрузок первого фактора должна составлять максимум от полной дисперсии; сумма квадратов нагрузок второго фактора должна составлять максимум оставшейся дисперсии и т.д., таким образом, максимизируется функция:

$$S_1 = \sum_{i=1}^m a_{i1}^2 \rightarrow \max, \quad (4)$$

где m – число переменных в матрице наблюдений. При $\frac{m*(m-1)}{2}$ независимых друг от друга условиях:

$$r_{ik} = a_{i1} * a_{k1} (i, k = 1, 2, \dots, m, i < k). \quad (5)$$

Для максимизирования функции, связанной некоторым числом дополнительных условий, используют метод множителей Лагранжа.

В результате получают систему m однородных уравнений с m неизвестными a_{i1} :

$$\begin{cases} (1-\lambda)a_{11} + r_{12}a_{21} + \dots + r_{1m}a_{m1} = 0; \\ r_{21}a_{11} + (1-\lambda)a_{21} + \dots + r_{2m}a_{m1} = 0; \\ \dots \\ r_{m1}a_{11} + r_{m2}a_{21} + \dots + (1-\lambda)a_{m1} = 0. \end{cases} \quad (6)$$

После определения матрицы факторных нагрузок (матрица А) для лучшей интерпретации факторов используют вращение матрицы А в пространстве общих факторов. Для осуществления вращения матрица А наиболее распространен метод варимакс, предложенный Кайзером.

Согласно Кайзеру, простота фактора определяется дисперсией квадратов его нагрузок. Если эта дисперсия максимальна, то отдельные его нагрузки близки к нулю или единице, т.е. описание чрезвычайно просто, поэтому его легко можно проинтерпретировать. Вращение подбирают так, чтобы переменные имели достаточно высокие нагрузки на одни факторы и нулевые или почти нулевые на другие факторы.

Применяя МГК к характеристикам нарушителей (Табл. 2) получили результаты, которые сведены в Табл. 3.

Характеристики нарушителя можно описать с помощью двух главных компонент, которые содержат в себе 91% информационной нагруз-

ки. Полученные компоненты - новые ортогональные оси.

По характеристикам, входящим в первую компоненту, ее можно интерпретировать как «степень мотивации к совершению террористического акта». В эту компоненту объединились характеристики: численность, цель, последствия, техническая оснащенность и уровень физической подготовки. Базовыми параметрами в первой компоненте являются – цель действий.

Вторую компоненту интерпретируем как «информированность интеллектуальная», так как в эту компоненту вошла только одна характеристика: уровень информационной осведомленности.

Вес дисперсии вклада первой компоненты составляет 73%, второй 18%. Следовательно, основной комплексной характеристикой нарушителя является компонента – мотивация нарушителя к совершению террористического акта.

Перейдем от матрицы факторных нагрузок к матрице главных компонент типовых нарушителей, которая представлена в Табл. 4.

Анализ Табл. 4 показывает, что наиболее мотивированными к проведению ТА является первый, второй и третий нарушитель. Наименее мотивирован четвертый нарушитель, так как он обычный похититель материальных средств.

Табл. 3. Матрица факторных нагрузок характеристик нарушителей

Характеристики нарушителей	Факторные нагрузки					
	F ₁ Степень мотивац. к ТА	F ₂ информир интеллектуальн	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
Численность	0.833	0.059	-0.576	0.089	0	0
Цель действий	0.98	0.088	0.166	-0.092	0	0
Последствия действий	0.962	0.222	-0.109	-0.144	0	0
Уровень информационной осведомленности	0.018	-0.969	-0.177	-0.061	0	0
Холодное, огнестрельное оружие (техническая оснащенность)	0.784	-0.46	0.239	0.092	0	0
Уровень физической подготовки	0.977	0.035	0.158	0.078	0	0

Табл. 4. Матрица главных компонент для типовых нарушителей

Тип нарушителя	Энтропийные потенциалы нарушителя	Факторные нагрузки					
		F ₁ Степень мотивац. к ТА	F ₂ информир интеллектуальн	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
X1	0,5747	1.518	0.023	-1.354	-0.879	0	0
X2	0,5269	0.831	0.254	0.295	0.700	0	0
X3	0,4399	0.252	0.847	1.601	0.285	0	0
X4	0,0373	-1.21	1.284	-0.362	-1.528	0	0
X5	0,3173	-1.199	-0.626	-0.918	1.513	0	0
X6	0,5206	-0.193	-1.782	0.737	-0.091	0	0

По информированности (вторая компонента) шестой и пятый тип нарушителя имеет наибольшую информированность, так как это внутренние нарушители. Менее информированы третий и четвертый тип нарушителя, так как они одиночные нарушители и не вступают в сговор.

Используя информационно-вероятностный метод [5] по первым двум компонентам, определили энтропийный потенциал опасности типовых нарушителей (Табл. 4). Первый тип нарушителя превосходит четвертый тип нарушителя по потенциалу опасности (мотивации и информированности) в пятнадцать раз.

Второй подход применения МГК для исследования связи характеристик нарушителей основан на результатах методов формирования категорий объектов в источниках [2, 7] и использовании мнения экспертов на основе общей характеристики «последствия действия нарушителя», связывающей между собой множество категорий объектов и им соответствующих типовых нарушителей.

Пример результатов экспертного мнения опасности типовых нарушителей по шести-бальной шкале [2, 7] приведен в Табл. 5. Для оценки потенциальной опасности объекта введены шесть частных видов и масштабов потерь, которые выражены потенциалами опасности [2]. Частные виды потерь:

- политические (определяются снижением всех уровней авторитета властей и общей нестабильностью);

- людские (утраты жизни людей и потери их здоровья);

- финансовые (заключаются в утрате материальных ценностей);

- экономические (учитывают затраты на переселение людей из зоны аварий и связанные с этим компенсационные выплаты);

- экологические (потери природных ресурсов, приводящие к ухудшению экологической обстановки в регионе);

- культурные (потери, заключающиеся в утрате художественных ценностей, передовых технологий, конфиденциальной информации).

Частные виды потерь определялись для шести масштабов потенциальных потерь (так удобнее экспертам), которые затем меняются на соответствующие энтропийные потенциалы (Табл. 6) [5]:

1 - локальный (ущерб в пределах территории объекта) – равен энтропийному ущербу – $H=0.0066$;

2 - местный (ущерб в пределах территории населенного пункта) – $H=0.0168$;

3 - территориальный (ущерб в пределах территории субъекта РФ) – $H=0.0268$;

Табл. 5. Оценка величины последствий целевой реализации нарушителей по шести бальной шкале

Характеристики последствий	Типы нарушителей					
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
Политические	6	5	4	1	2	3
Людские	6	5	4	1	2	3
Финансовые	3	2	2	5	5	4
Экономические	6	5	4	2	2	3
Экологические	6	5	4	1	3	2
Культурные (информационная)	1	1	1	2	5	5

Табл. 6. Величина последствий целевой реализации нарушителей по энтропийной шкале

Характеристики последствий	Типы нарушителей					
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
Политические	0.2524	0.1887	0.1389	0.0066	0.0168	0.0268
Людские	0.2524	0.1887	0.1389	0.0066	0.0168	0.0268
Финансовые	0.0268	0.0168	0.0168	0.1887	0.1887	0.1389
Экономические	0.2524	0.1887	0.1389	0.0168	0.0168	0.0268
Экологические	0.2524	0.1887	0.1389	0.0066	0.0268	0.0168
Культурные (информационная)	0.0066	0.0066	0.0066	0.0168	0.1887	0.1887

4 - региональный (ущерб, затрагивающий масштабы двух субъектов РФ) – $H=0.1389$;

5 - государственный (ущерб, затрагивающий масштабы более чем двух субъектов РФ) – $H=0.1887$;

6 - межгосударственный (ущерб выходит за пределы территории РФ) – $H=0.2524$.

Применяя МГК к характеристикам последствий от действия нарушителей (Табл. 6), получили, что их можно описать с помощью двух главных компонент, которые содержат в себе 85% информационной нагрузки (Табл. 7).

Анализ результатов показывает, что все характеристики, кроме «культурных ценностей», объединяются в первую компоненту. Наибольший вес в первой компоненте – «людские», «экономические» и «политические» характеристики, т.е. целью является политическая мотивация - подрыв авторитета и дестабилизация власти. Финансовая характеристика находится на противоположной стороне оси компоненты, т.е. она для террориста не имеет привлекательности.

Первую компоненту интерпретируем, как «степень снижения авторитета власти». В эту компоненту объединились следующие характеристики: политические, экономические и экологические последствия и людские потери. Финансовая составляющая имеет положительный

- противоположный знак в первой компоненте, т.е. она имеет противоположный характер связи с политическими, экономическими и экологическими последствиями. Базовыми параметрами первой компоненты являются – экономические и людские потери.

Вторую компоненту можно интерпретировать как «культурная или информационная» составляющая последствий проведения ТА. Данные характеристики имеют положительный знак. Базовым параметром второй компоненты является - культурная характеристика.

Перейдем от матрицы факторных нагрузок к матрице главных компонент типовых нарушителей (Табл. 8). В первой компоненте «подрыв власти» первые три типа нарушителя имеют наибольший вес, так как их цель - влияние на власть. Четвертый тип нарушителя имеют наименьший вес, так как он обычный похититель.

Во второй компоненте больший вес имеют пятый, шестой тип нарушителя и в меньшей степени четвертый тип нарушителя. Пятый и шестой тип нарушителей являются внутренними, они обладают информацией и будут стремиться завладеть ценной информацией.

Применяя информационно-вероятностный метод [5] к двум компонентам, получили энтропийные потенциалы ущербов, наносимых

Табл. 7. Оценка характеристик нарушителей по факторным нагрузкам

Характеристики последствий	Факторные нагрузки					
	F ₁ Мотивация	F ₂ культурн информации.	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
Политические	- 0.838	0.365	-0.403	0.049	0	0
Людские	- 0.99	-0.013	0.101	0.095	0	0
Финансовые	+0.904	-0.28	-0.114	0.301	0	0
Экономические	- 0.99	-0.048	0.094	0.098	0	0
Экологические	- 0.981	-0.021	0.158	0.111	0	0
Культурные (информационная)	0.662	+0.722	0.172	0.10	0	0

Табл. 8. Оценка характеристик нарушителей по факторным нагрузкам

Типы нарушителей	Энтропийный потенциал ущерба	Факторные нагрузки					
		F ₁ -подрыв власти, потенциал угрозы	F ₂ -ультурная и информативность	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
X ₁	0.597	-1.446	-0.046	-0.128	1.497	0	0
X ₂	0.549	-0.934	-0.277	0.088	-0.524	0	0
X ₃	0.521	-0.454	0.157	0.696	-1.689	0	0
X ₄	0.095	1.041	-1.906	-0.465	0.111	0	0
X ₅	0.180	1.163	0.795	1.528	0.77	0	0
X ₆	0.379	0.63	1.277	-1.716	-0.165	0	0

нарушителями. Первый тип нарушителя превосходит по энтропийному потенциалу ущерба четвертый тип нарушителя в **шесть** раз.

Второй подход к анализу потенциалов нарушителей. К данным Табл. 2 и Табл. 6 применим математический аппарат информационно вероятностного метода [5, 7]. В результате получим потенциалы опасности нарушителей по разным данным, которые представлены в Табл. 9 и Табл. 10.

По данным Табл. 9 потенциал опасности типового нарушителя X_1 превосходит потенциал обычного нарушителя X_4 почти в десять раз. Этот результат не противоречит действительности.

По данным Табл. 10 потенциал опасности самого подготовленного типового нарушителя X_1 по величине последствий наносимого ущерба превосходит потенциал обычного нарушителя X_4 порядка трех раз. Результаты оценки потенциалов нарушителей по Табл. 4 и Табл. 9, Табл. 8 и Табл. 10 разными методами согласуются между собой.

Потенциалы опасности нарушителей должны согласоваться с их возможностями по преодолению системы физической защиты (СФЗ) объектов, т.е. каждому потенциалу нарушителя можно поставить соответствующий потенциал защиты объекта (потенциал СФЗ) – величину защищенности – например, вероятность безопасного состояния объекта. Требуется определить необходимую величину показателя защищенности соответствующей категории объекта (вероятность безопасного состояния объекта) в зависимости от потенциала опасности его базового нарушителя. Очевидно, должно быть соответствие между потенциалом опасности типового нарушителя и степенью защищенности от его действий, т.е. характер изменения зависимостей потенциалов нарушителей и противодействия им СФЗ должны быть подобными функциями.

Построим функцию изменения энтропийных потенциалов от типа нарушителя и свяжем ее с требуемой величиной вероятности безопасного состояния по первому типу нарушителя (за верхнюю оценку принято значение вероятности

Табл. 9. Количественные характеристики нарушителей

Характеристики нарушителей	Типы нарушителей					
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
Численность	8	4	1	1	1	1
Цель действия	9	8	7	2	2	5
Последствия действия	0.2524	0.1887	0.1389	0.0166	0.0168	0.0268
Уровень информационной осведомленности	0.7	0.6	0.4	0.3	0.9	1
Холодное, огнестрельное оружие (техническая оснащенность)	1	0.9	0.8	0.3	0.3	0.9
Уровень физической подготовки	1	0.9	0.8	0.3	0.4	0.8
<i>Энтропийный потенциал нарушителя</i>	1.106	0.891	0.621	0.118	0.351	0.548
<i>Вероятность защиты от нарушителя</i>	0.95	0,877	0,78	0.60	0,683	0,754

Табл. 10. Оценка величины последствий целевой реализации нарушителей по линейной шести бальной шкале

Характеристики последствий	Типы нарушителей					
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
Политические	0.2524	0.1887	0.1389	0.0066	0.0168	0.0268
Людские	0.2524	0.1887	0.1389	0.0066	0.0168	0.1887
Финансовые	0.0268	0.0168	0.0168	0.1389	0.1389	0.1389
Экономические	0.2524	0.1887	0.1389	0.0066	0.0168	0.0268
Экологические	0.2524	0.1887	0.1389	0.0066	0.0268	0.0168
Культурные (информационная)	0.0066	0.0066	0.0066	0.0168	0.1887	0.1887
<i>Энтропийный потенциал последствий нарушит.</i>	1.053	0.756	0.643	0.341	0.502	0.602
<i>Вероятность защиты от нарушителя</i>	0.95	0,8475	0,768	0.60	0,67	0,74

защиты 0,95 - величина близкая к предельной), и потенциально слабого типа нарушителя (чувствительность датчика обнаружения - 0,6). Таким образом, сопоставим каждому типу нарушителя соответствующую требуемую величину защищенности - систему физической защиты (вероятность безопасного состояния). Вероятности безопасного состояния объектов при действиях типовых нарушителей, приведены в Табл. 9 и Табл. 10 (последние строки).

Заключение

Таким образом, основной комплексной характеристикой типовых нарушителей является мотивация к действию, которая влечет за собой уровень оснащенности и подготовленности, а также степень последствий реализации целевых действий. Полученные весовые потенциалы типовых нарушителей (Табл. 9 и Табл. 10) и степени вероятностей защищенности от них по разным методикам однородны, и не противоречат физическому смыслу природы явлений. Результаты необходимо использовать при формировании модели нарушителя, определении базового нарушителя к каждой категории опас-

ности объектов при задании требований по безопасности категорируемых объектов.

Литература

1. Магауенов Р.Г. Охранная сигнализация и другие элементы систем физической защиты. Краткий толковый словарь. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 97с.
2. Бояринцев, А.В. Проблемы антитерроризма: Категорирование и анализ уязвимости объектов / А.В. Бояринцев, А.Н. Бражник, А.Г. Зуев – СПб.: ЗАО «ИСТА – Системс», 2006 – 252с.
3. Проблемы обустройства Российско – Казахской государственной границы, Пресс – релизы администрации Тюменской области, 2006 г. 12 сентября. Официальный сайт администрации Тюменской области - режим доступа <http://adm.tyumen.ru/news>
4. Приказ министра промышленности и энергетики РФ от 04.05.2007 №150 «Об утверждении рекомендаций по антитеррористической защищенности объектов промышленности и энергетики», 2007 – 72с.
5. Костин В.Н. Определение значимости чрезвычайных ситуаций на основе информационно вероятностной модели. //«Известие высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки». Спецвыпуск 2013г. N1 с. 105-113.
6. Харман, Г. Современный факторный анализ // Г.Харман.– М.: Статистика, 1972 г. – 447с.
7. Костин, В.Н. Информационно вероятностный метод формирования категорий потенциально опасных объектов / А.К. Пономарев // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2015. – №6(132).

Костин Владимир Николаевич. Доцент ФГБОУ ОГУ «Оренбургский государственный университет». Окончил ВАА им. Калинина (Санкт-Петербург) в 1985 году. Кандидат технических наук. Автор 48 печатных работ, в том числе одной монографии. Область научных интересов: исследования в области системного анализа, моделирование систем, планирование и обработка экспериментальных данных. E-mail: vladimirkostin57@mail.ru