

Я.А. ИВАКИН, С.Н. ПОТАПЫЧЕВ

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИТИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОЦЕНКИ СИТУАЦИИ В ГИС

---

*Ивакин Я.А., Потапычев С.Н. Применение методов аналитического планирования для интерпретации результатов оценки ситуации в ГИС.*

**Аннотация.** Различные методы сводных показателей нашли широкое применение в математическом аппарате систем мониторинга и управления для распознавания типовых ситуаций и потенциальных опасностей (в терминологии JDL-модели слияния информации). Распознавание опасности не является самоцелью процесса слияния информации. Вершиной этого процесса выступает выработка решения о предотвращении выявленных опасностей. В предлагаемой статье рассматривается методологический аппарат выбора варианта стратегии предотвращения выявленной опасности, основанный на интерпретации метода сводных показателей в методах аналитического планирования.

**Ключевые слова:** JDL-модель слияния информации в системах мониторинга, оценка опасностей с использованием методов сводных показателей, стратегии предотвращения опасности, геоинформационные системы, аналитическое планирование, прямой и обратный выбор.

*Ivakin Y.A., Potapychev S.N. Analytical planning methods apply for the interpretation of the situation assessment results in GIS.*

**Abstract.** Various methods of aggregative indices are widely used in mathematical apparatus of control and monitoring systems aimed at detecting the typical situations and potential dangers (in terminology of JDP-information fusion models). The danger detection (identification, recognition) is not an end in itself at the information fusion process; at its peak this process develops a decision on the detected dangers' prevention. This paper presents a methodological apparatus intended for a choice of an appropriate version of the detected danger's prevention strategy and based upon a certain interpretation of the aggregative indices method in analytical planning methods.

**Keywords:** JDL-model of information fusion in monitoring systems, dangers' estimate based on aggregative indices method, danger prevention strategies, geo-information systems, analytic planning, direct and inverse choice.

---

**1. Введение.** Географические информационные системы (ГИС) являются основой прикладного программного обеспечения различных автоматизированных систем мониторинга и управления. На их основе реализуется многоуровневая технология слияния информации, представленная в обобщенном виде как JDL-модель слияния информации [1].

Различные частные методы сводных показателей нашли самое широкое применение в математическом обеспечении выше указанных систем. В табл.1 приведены данные о частных методах сводных показателей наиболее часто употребляющихся для оценки ситуаций и вы-

явления опасностей в современных системах мониторинга и управления. Но оценка ситуаций и выявление опасностей не являются самоцелью процесса интеграции информации. Эти процессы соответствуют третьему уровню JDL-модели слияния информации. Переход же к четвертому уровню заключается в выработке вариантов предотвращения выявленной в результате оценки ситуации опасности и выборе (принятии решения) наилучшего из них.

Одним из подходов к разработке аппарата указанного выбора может являться использование методов аналитического планирования [3] для интерпретации результатов оценки ситуаций и выявления опасностей в современных системах мониторинга и управления. При этом предполагается, что указанная оценка ситуации проводилась с использованием метода сводных показателей. Данная статья содержит описание основных этапов выбора стратегии предотвращения опасности:

1. Формирование множества стратегий предотвращения потенциальной опасности;
2. Двух иерархическое представление задачи выбора стратегии предотвращения;
3. Обеспечение сходимости при осуществлении выбора на базе двух иерархического представления.

Детализация содержания указанных этапов позволяет описать существо процедуры выбора стратегии предотвращения опасности на основе метода сводных показателей, в целом.

**2. Стратегия предотвращения потенциальной опасности.** Сложность современных систем мониторинга и управления различными геопространственными процессами предопределила тот факт, что проектировщики и создатели этих систем разрабатывают методы и средства предотвращения потенциальных опасностей объекту управления заблаговременно. Очевидно, что такие методы и средства носят обеспечивающий характер и предполагают актуализацию в момент выявления опасности. Как правило, они представляют собой некоторые параметрические и ориентировочные планы действий (варианты линий поведения, сценариев реагирования), которые конкретизируются уже в ходе устранения возникшей опасности. В работах по аналитическому планированию, например в [3], их принято называть стратегиями поведения (реагирования). По аналогии, в контексте данной статьи, под стратегией предотвращения потенциальной опасности следует понимать систематизированное поведение (систему действий) органа управления, направленное на предотвращение возникшей опасности.

Приведенное выше определение стратегии предотвращения потенциальной опасности можно наглядно пояснить на примере системы управления движением судов по стесненному морскому каналу (фарватеру). Основное назначение автоматизированной системы управления движением судов – предотвращение аварийных ситуаций при проводке судов по каналу, которые могут привести к остановке функционирования канала, а так же координация аварийных и спасательных служб, если указанные аварийные ситуации все-таки произойдут. Пусть заблаговременно выделены следующие потенциальные опасности для процесса штатного функционирования морского канала:

1. Столкновение судов, лежащих на противоположных курсах, при проводке по каналу;
2. Посадка судна на мель (несанкционированный сход с канала);
3. Внештатный останов судна во время проводки по каналу (потеря управляемости судном);
4. Аварийная ситуация на судне, возникшая в ходе проводки по каналу (пожар, взрыв, разлив нефтепродуктов и пр.).

Очевидно, что для конкретных ситуаций вероятность реализации каждой из опасностей будет различной. Так, вероятность реализации опасности №2 для случая проводки по каналу маломерного, тихоходного судна в ясную погоду значительно ниже, чем при проводке судна, стесненного своей осадкой, в штормовых условиях. Следовательно, стратегии предотвращения потенциальной опасности №2, учитывая, что фактор экономической эффективности присутствует во всех аспектах современной жизни, в указанных случаях будут различными. В таблице 2 приведены примеры возможных стратегий предотвращения потенциальной опасности №2 в рассматриваемом примере, которые позволяют понять существо понятия «стратегия предотвращения потенциальной опасности» и разницу между его конкретными вариантами.

Аналогичные стратегии предотвращения можно сформулировать для всех прогнозируемых опасностей в рассматриваемом примере. При этом процедура реализации каждой стратегии разрабатывается заблаговременно и конкретизируется по факту принятия данной стратегии для исполнения.

Основная сложность процессов четвертого уровня JDL–модели заключается в обоснованном выборе, из заблаговременно сформированного множества, стратегии предотвращения, которая наиболее

адекватно соответствует текущей опасности или их совокупности, выявленной на более ранних уровнях.

Таблица 1. **Методы сводных показателей, нашедшие применение для оценки ситуаций и выявления опасностей**

<b>Название метода</b>	<b>Отличительный конструктив получения сводного показателя на множестве частных показателей</b>
Метод сравнительных суждений Терстоуна	На основании попарного сравнения частных показателей устанавливается качественное превосходство показателей по предпочтительности, при этом налагаются дополнительные ограничения на параметры предметной области
Метод Брэдли-Терри-Льюиса (БТЛ)	Является обобщением метода Терстоуна с использованием шкалирования оценок превосходства частных показателей по предпочтительности, при этом используется логистическая кривая, которая является логарифмическим преобразованием распределения вероятностей суждений
Метод Стивенса	На основании сравнения превосходства каждого частного показателя со всеми остальными, представляемых в виде шкалированных оценок, производится ранжирование всей совокупности показателей
Метод непосредственной интенсивности психофизического шкалирования	Основу метода составляет синтез матрицы доминирования частных показателей, где заполняется только одна строка или столбец шкалированными оценками, а остальные значения в матрице рассчитываются (для обеспечения совершенной согласованности). Процедура формально эквивалентна расположению субъектом каждой стратегии вдоль континуума с нулем на одном конце.
Метод наименьших квадратов (логарифмических наименьших квадратов)	Аналогичен методу 4, собственный вектор матрицы доминирования не рассчитывается, а оценивается путем нормализации геометрического среднего столбцов матрицы
Метод Дельфы	Метод представляет собой ряд последовательно осуществляемых процедур, направленных на формирование группового мнения экспертов о приоритетности частных показателей в составе интегрального.
Метод анализа иерархий	Проблема декомпозируется на все более простые составляющие части, и на основании парных сравнений частных показателей на предмет важности в составе ближайшего группового показателя в иерархии интегрального показателя делается вывод о предпочтительности (весе) частных показателей в составе интегрального показателя
Метод главных компонент	Позволяет на базе статистического мат. аппарата из большой многомерной совокупности признаков описывающих частные показатели и их влияние на предметную область определить основополагающие, и на их основе определить предпочтительность (вес) каждого частного показателя в составе интегрального.

Преодоление этой сложности осуществляется за счет двух иерархического представления задачи выбора стратегии предотвращения опасности на основе метода сводных показателей.

**3. Двух иерархическое представление задачи выбора стратегии предотвращения опасности.** Выбор всегда предполагает анализ возможных альтернатив по одному или нескольким показателям. [2] Если этот показатель сложный, представляющий собой сводный (глобальный, интегральный, обобщенный, генеральный, синтетический и т.п.) показатель, синтезирующий отдельные (локальные, дифференциальные, частные, маргинальные, аналитические и т.п. – соответственно) показатели, характеризующие отдельные желаемые свойства (характеристики, качества и пр.) выбираемого объекта из множества альтернатив, то выбор из акта превращается в многоэтапный процесс.

Выбор стратегии предотвращения начинается с иерархического представления системы сводных показателей, используемых для оценки опасности. Показатели для такой оценки являются сложными. Оценить их непосредственно зачастую невозможно, но их можно декомпозировать на более простые. Многоуровневость такой декомпозиции приводит к формированию иерархии показателей. В такой иерархии на нижнем уровне располагаются показатели, составляющие «непосредственно оцениваемые показатели»  $\{q_i\}$  (т.е. показатели необходимые, а вместе взятые – достаточные для определения степени опасности развивающейся ситуации для объекта управления, которые могут быть проанализированы, оценены количественно или качественно). На вышестоящих уровнях располагаются более сложные показатели  $\{q_{ij}\}$ , представляющие собой композиции показателей, входящих в «непосредственно оцениваемые показатели» и (или) другие сложные показатели. Вершиной иерархии является интегральный (сводный) показатель  $Q_o$  – показатель факта наличия выявляемой опасности. В простейшем случае описанная иерархия показателей вырождается в двух уровневую иерархию, в которой на верхнем уровне будет сводный показатель  $Q_o$ , а на нижнем показатели составляющие «непосредственно оцениваемые показатели»  $\{q_i\}$ .

Очевидно, что в составе вышеописанной иерархии мера значимости ("весомости") отдельного показателя  $q_i$  для определения сводной оценки  $Q_o$  будет различной. Для количественного оценки значимости (веса) каждого показателя  $q_i$ , в составе ближайшего более сложного показателя в соответствии с иерархической сетью, понятие «весовой коэффициент, вес», трактуется как  $W_{m,n}$  – локальный вес (весовой коэффициент) участия  $m$ -го показателя в составе  $n$ -го.

$$W_{m,n} \in (0,1); W_{m,n} \in R$$

$$\sum_m W_{m,n} = 1$$

Тогда, для количественного оценки значимости (веса) каждого показателя  $q_i$ , в составе интегрального показателя  $Q_o$  в соответствии с иерархической сетью, вводится параметр  $b_m^*$  – глобальный вес (весовой коэффициент) участия  $m$ -го показателя в составе интегрального показателя  $Q_o$ :

$$b_m^* = \prod_{c_m}^{c_0} W_{m,n}$$

$$b_m^* \in (0,1); b_m^* \in R$$

Тогда, иерархия показателей для определения факта наличия выявляемой опасности (иерархическое представление системы сводных показателей, используемых для оценки опасности) будет иметь вид, представленный на рис.1. Именно определение формы интегрального показателя и весов простых показателей в составе сложных составляет существо обобщенного метода сводных показателей. Учет различных особенностей получения исходной информации для определения этих значений составляет конструктив для выделения в его составе частных подметодов, некоторые из которых представлены в табл. 1. Расчет значений глобальных и локальных весов участия может осуществляться с помощью аналитического аппарата любого из частных методов сводных показателей. В [2,3] представлены в наиболее обобщенном виде основные процедуры получения исходной информации и формирования формы интегрального показателя, а так же математические зависимости для получения локальных и глобальных приоритетов в соответствии с некоторыми частными методами.

Так, для вышерассмотренного примера если получены данные от соответствующих служб о заиливании (естественном уменьшении глубины канала), то, очевидно, что вес показателей, связанных с оценкой осадки проводимых по каналу судов должен возрасти.

Приведенный пример иллюстрирует правомочность следующих утверждений для иерархического представления системы показателей в интересах определения факта наличия выявляемой угрозы, в рамках JDL-модели:

1. В рамках иерархии показателей, представленной на рис.1,

влияние внешней информации учитывается именно в изменении численных значений локальных  $\{W_{m,n}\}$  и глобальных  $\{b_m\}$  весов участия более простых показателей  $\{q_{ij}\}$  в составе более сложных;

2. Именно внешняя информация определяет выбор стратегии противодействия опасности.

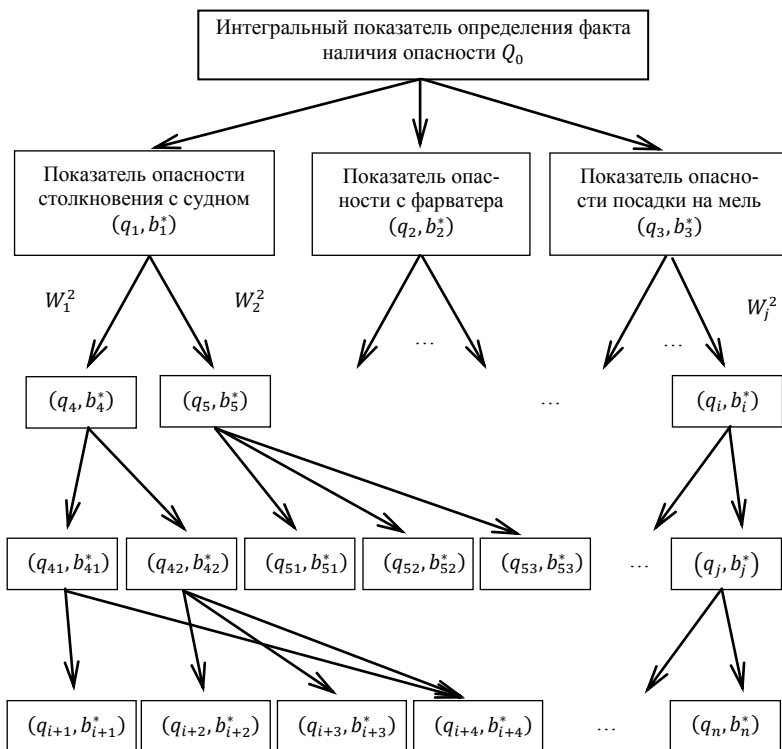


Рис. 1. Обобщенный вид иерархии показателей для определения факта наличия выявляемой опасности в методе сводных показателей.

Процесс осуществления сложного (многокритериального и многоэтапного) выбора всегда имеет три общих компоненты – начальное состояние, цель выбора (или конечное состояние) и промежуточные исходы, связывающие эти состояния [3]. В рамках предлагаемых условий: цель выбора – отобрать из числа возможных стратегий предотвращения выявляемой опасности, наиболее соответствующую начальному состоянию (внешней информации о параметрах текущей обстановки).

новки), за приемлемую «цену», чтобы достигнуть наибольшего выхода (уровня безопасности) – т.е. максимизировать эффективность системы управления (мониторинга).

Выделяют прямой процесс многоэтапного выбора (т.е. от начального состояния к цели) и обратный (т.е. от цели к возможному начальному состоянию). Прямой процесс обеспечивает оценку обоснованности наиболее возможного исхода при текущей внешней информации о потенциальных опасностях. Обратный процесс обеспечивает корректировку прямого процесса при движении в направлении желаемой альтернативы выбора.

Наиболее важно, что каждый из них в отдельности может не подходить для осуществления эффективного многоэтапного выбора. Однако если объединить их в единый прямой и обратный процесс многоэтапного выбора, то окажется возможным выбрать эффективную стратегию предотвращения выявляемой опасности при текущей внешней информации об оценках элементарных параметрах обстановки. Таким образом, объединение прямого и обратного процессов многоэтапного выбора позволяет соединить достижение цели выбора с учетом воздействующих на выбор факторов, обеспечивая сходимость друг к другу обоих процессов.

Идея объединения прямого и обратного процессов многоэтапного выбора режима функционирования системы мониторинга схематично показана на рис.2.

Для интеграции прямого и обратного процессов многоэтапного выбора на базе иерархии показателей для определения факта наличия выявляемой опасности первоначально “проектируется” поле альтернатив – возможных стратегий предотвращения  $\{S_1, S_2, \dots, S_K\}$ . Каждый из режимов реализуется конкретным набором действий (мероприятий, политик)  $\{E^1, E^2, \dots, E^p, \dots, E^P\}_s; s \in \{S_k\}$ . Таблица 2 представляет собой пример такого описания различных стратегий противодействия рассматриваемой угрозе и составляющих их действий.

Однако, эффективность реализации каждого отдельного мероприятия в различных организациях (службах и пр.), использующих типовую систему управления (мониторинга), будет различной в силу индивидуальных и ситуативных особенностей, личного фактора и пр. На основании выделенного поля альтернатив – стратегий  $\{S_1, S_2, \dots, S_K\}$  и реализующих их действий  $\{E^1, E^2, \dots, E^p, \dots, E^P\}_s; s \in \{S_k\}$  становится возможным сформировать иерархию прямого многоэтапного выбора стратегии предотвращения выявляемой опасности.





Рис. 2. Схема объединения прямого и обратного процессов многоэтапного выбора стратегии предотвращения опасности.

Она формируется путем присоединения к нижнему уровню иерархии показателей для определения факта наличия выявляемой опасности (иерархическое представление системы сводных показателей, используемых для оценки опасности) уровня с набором действий  $\{E^1, E^2, \dots, E^P, \dots, E^P\}_S; s \in \{S_k\}$ . Каждое действие  $E^p$  соединяется связями с теми показателями  $\{q_i\}$ , к улучшению значений которых, приведет реализация этого действия.

Затем к иерархии добавляется уровень возможных стратегий противодействия  $\{S_1, S_2, \dots, S_K\}$ .

Каждая стратегия  $S_k$  связывается со всеми действиями  $E^p$ , т.к. все действия могут выполняться при каждом режиме, но в различных комбинациях и с различной эффективностью. Обобщенный вид иерархии прямого выбора стратегии противодействия выявляемой угрозе показан на рис. 3. Уровень, соответствующий принятию итогового решения, необходим для разрешения коллизий, связанных с равной значимостью нескольких стратегий  $S_k$ .

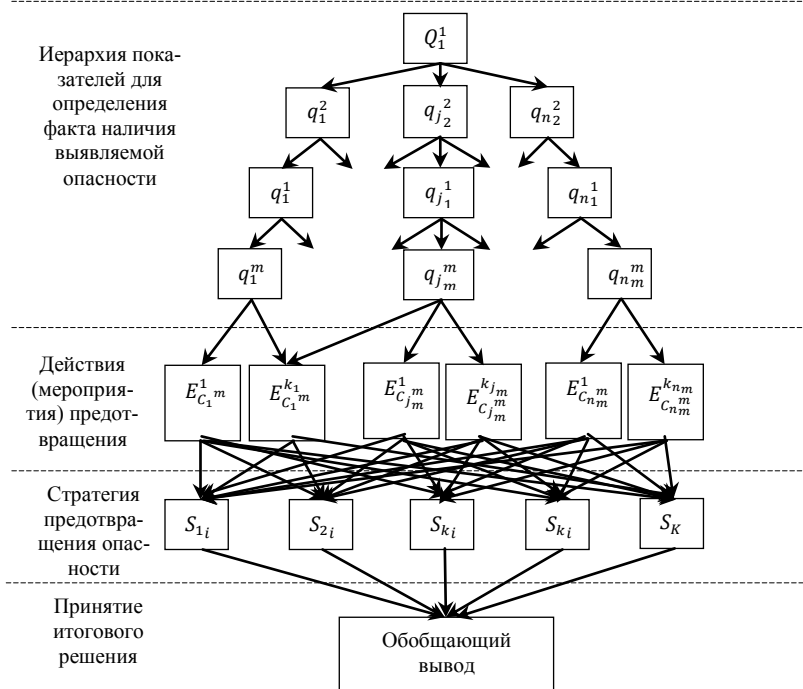


Рис. 3. Иерархия прямого выбора стратегии предотвращения выявленной опасности.

Полученная иерархия прямого выбора стратегии предотвращения выявляемой опасности также взвешивается с использованием метода сводных показателей. Определяются локальные и глобальные веса композиционного участия для всех действий  $\{E^1, E^2, \dots, E^p, \dots, E^P\}_s; s \in \{S_k\}$  и стратегий  $\{S_1, S_2, \dots, S_K\}$ .

В виду того, что эффективность реализации каждого отдельного действия  $E^P$  будет во многом зависеть от специфики конкретных исполнителей, то необходимо проанализировать влияние этой специфики на выбираемую стратегию  $S_k$ . Такой анализ осуществляется в рамках процесса обратного многоэтапного выбора, представляемого соответствующей иерархией.

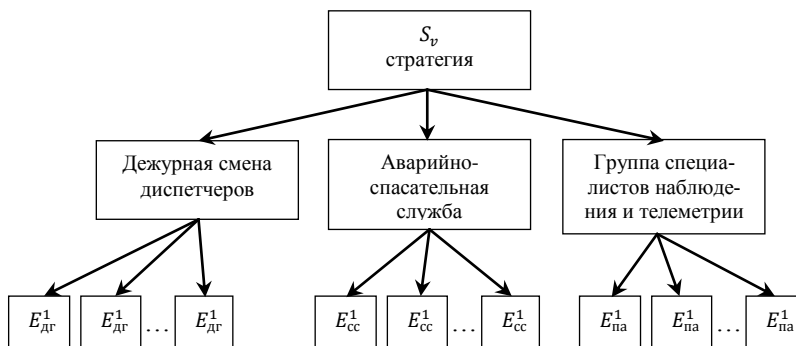


Рис. 4. Иерархия обратного выбора стратегии предотвращения выявленной опасности

Вершиной иерархии обратного выбора стратегии предотвращения выявляемой опасности является выбранная в результате прямого процесса стратегия  $S_v$ . На втором уровне иерархии указываются исполнители (участники, реализаторы, должностные лица, осуществляющие функциональность управления, привлекаемые силы предотвращения и пр.) занятые в ходе предотвращения опасности при стратегии  $S_v$ . Это могут быть конкретные должностные лица, соответствующие ролевые функции, различные организационно–технические (технические) системы и пр. На третьем указываются действия исполнителей, которые они выполняют при реализации стратегии  $S_v$ . При этом множество действий  $\{E^P\}'$  участников реализации стратегии  $S_v$ , отображаемое в иерархии обратного выбора, включает в себя множество действий участников реализации, отображаемое в иерархии прямого выбора, то есть  $\{E^P\}' \subseteq \{E^P\}$ .

В общем случае, множество  $\{E^P\}'$  более полно описывает поведение участников реализации  $S_v$ , т.к. не все их действия при реализации  $S_v$  могут быть непосредственно направлены на улучшение значений показателей  $\{q_i\}$ . Обобщенный вид иерархии обратного выбора стратегии противодействия выявляемой угрозе показан на рис. 4. Данная

иерархия так же взвешивается с использованием математического аппарата метода сводных показателей.

Таблица 2. **Пример множества вариантов стратегий предотвращения опасности**

Наименование стратегии	Основные мероприятия, осуществляемые в рамках стратегии	Пример типовой ситуации
Базовая	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Работают дежурные технические средства мониторинга (наблюдения).</li> <li>2. Управление движением судов осуществляет дежурная смена диспетчеров, с использованием штатных средств поддержки.</li> <li>3. Системы точной телеметрии положения судов на фарватере не задействуются.</li> <li>4. Силы аварийно-спасательных служб находятся в базах, в повседневной степени готовности.</li> <li>5. Штатный режим радиообмена диспетчерской службы с судами, находящимися на канале.</li> <li>6. Работа по типовому прогнозу гидрометеорологической обстановки.</li> </ol>	Суда занятые и спланированные к проводке по каналу по своим габаритам и осадке соответствуют ограничениям канала, нет оповещений об аварийных ситуациях и критически важных отказах технических средств на судах, погодные условия благоприятные
Усиленная	...	...
Повышенная	...	...
Экстренная	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Работают как дежурные технические средства мониторинга (наблюдения), так и вводятся в работу дополнительные средства мониторинга (наблюдения), готовится «горячий резерв» средств наблюдения и связи. При необходимости запрашиваются дополнительные источники информации, средства наблюдения, развертываются необходимые дополнительные посты наблюдения</li> <li>2. Управление движением судов осуществляет специальная смена диспетчеров, сформированная из специально подготовленных специалистов, с использованием штатных и дополнительных средств поддержки. Развертывается оперативный штаб специалистов по вопросам специфики аварийного судна. Поддерживается связь с лицами принимающими решения выше стоящего уровня управления, с целью принятия ими решений в реальном масштабе времени.</li> <li>3. Системы точной телеметрии положения судов на фарватере задействуются полностью</li> </ol>	Осуществляется проводка (буксировка) аварийного судна, характер аварии на котором характеризуется высоким риском разрастания бедствия, экологической катастрофы и пр. <i>(Горящий танкер, лайнер с пробойной, судно с угрозой взрыва и пр.)</i> При этом аварийное судно стеснено осадкой.
Указанные стратегии и соответствующие им мероприятия являются иллюстративным примером возможных вариантов данного перечня для СУДС. На практике число стратегий значительно больше, а условия (типовые ситуации) для принятия решения о выборе того или иного режима более нечеткие.		

Таким образом, представление задачи выбора стратегии предотвращения выявляемой опасности включает в себя иерархии прямого и обратного выбора, объединенные и взаимоувязанные между собой в рамках концепции многоэтапного выбора.

Процедура принятия решения о выборе той или иной стратегии противодействия угрозе с использованием описанного представления приведена ниже, как соответствующая методика обеспечения сходимости при осуществлении многоэтапного выбора.

**4. Обеспечение сходимости при осуществлении выбора на базе двух иерархического представления.** Полученное представление задачи выбора стратегии предотвращения опасности позволяет проанализировать предпочтительность (важность, приоритетность) той или иной стратегии  $S_j$  из перечня альтернативных вариантов. Предполагается, что внешняя информация о потенциальной важности тех или иных параметров в оценке опасностей отражается в локальных и глобальных весах иерархии показателей для определения факта наличия выявляемой опасности (т.е. в иерархическом представлении системы сводных показателей, используемых для оценки опасности).

На основании полученной иерархии прямого выбора стратегии предотвращения опасности, в соответствии с математическим аппаратом метода сводных показателей [2,3] производится первичный выбор наилучшей стратегии  $S_v$ . Выбор стратегии предотвращения сводится к выявлению для анализируемого подмножества  $S_j$  вектора глобальных весов  $B$ , влияния реализации соответствующих стратегий предотвращения (с учетом потребности ресурсов на реализацию и возможностей группы участников реализации) на интегральный показатель  $Q_0$  иерархии прямого выбора. Выбирается стратегия с максимальным значением глобального веса  $b_j$  влияния его реализации на показатель  $Q_0$  иерархии прямого выбора. В случае если приоритеты  $b_j$  отличаются для нескольких вариантов менее чем на 0.1, то это отличие считается несущественным, т.к. эта разность не превышает погрешности от несогласованности мнений экспертов, используемых при взвешивании системы показателей, согласно [3]. При несущественном различии значений глобальных приоритетов  $b_j$  анализируемых стратегий предотвращения возможно реализовывать мероприятия одновременно нескольких стратегий в составе комбинированной стратегии, при условии их непротиворечивости, что оговаривалось ранее. Заранее оговоренное количество конкретных мероприятий для каждой стратегии (см. табл. 2)) позволяет путем практического апробирования и перебо-

ра определить наиболее целесообразное сочетание (комбинацию мероприятий), в вышеописанном случае. Такое определение производится при принятии итогового решения о принимаемой стратегии предотвращения опасности (см. рис. 2).

Найденная в результате вышеописанного процесса прямого выбора стратегия предотвращения  $S_v$  или композиция не противоречащих мероприятий анализируется на предмет состава действий участников при ее реализации, что осуществляется по ходу обратного процесса многоэтапного выбора.

Для осуществления обратного процесса многоэтапного выбора используется (формируется) иерархия обратного планирования  $A^-$ . Обобщенный вид иерархического графа обратного планирования  $A^-$  применительно к примеру с предотвращением опасности посадки судна на мель (несанкционированного схода с фарватера) для случая морского канала представлен на рис. 4.

В соответствии с [2,3] оценивается интенсивность связей иерархии обратного выбора  $A^-$  (т.е. определяются локальные веса); рассчитываются значения глобальных весов композиционного участия каждого действия  $E^P$  на реализацию выбранной стратегии противодействия  $S_v$ . Получив приоритеты действий  $E^P$  при обратном процессе многоэтапного выбора, выбираются действия с наибольшими приоритетами (т.е. со значениями более 0.1) и присоединяются к действиям  $E_C^K$  во втором прямом процессе, чтобы поверить значимость их реализации по отношению к показателям для определения факта наличия выявляемой опасности (т.е. на систему сводных показателей, используемых для оценки опасности).

После указанного обратного процесса многоэтапного выбора осуществляется повторная итерация прямого процесса многоэтапного выбора на откорректированной, в соответствии с результатами обратного процесса, иерархии прямого планирования. (При этом введенные в ее состав дополнительные действия  $E^P$  связываются дугами  $U$  со всеми показателями  $q_j^m$ ). Если значение глобального веса композиционной значимости для стратегии противодействия  $S_v$  в результате второго прямого процесса многоэтапного выбора увеличилось, то процесс многоэтапного выбора можно считать сходящимся и принять стратегию предотвращения  $S_v$  для реализации. В противном случае необходимо провести второй обратный процесс, переформулировать состав действий на третьем уровне иерархии обратного многоэтапного выбора  $A^-$  и повторить процесс прямого многоэтапного выбора.

Таким образом, за конечное число итераций прямого и обратного выбора (в силу конечности множества возможных стратегий предотвращения и составляющих их содержание действий) становится возможным найти такую стратегию предотвращения  $S_p$ , выявленной опасности или комбинацию соответствующих мероприятий, которые позволяют максимизировать эффективность указанной системы мониторинга и управления, что составляет существо описываемого аппарата.

**5. Заключение.** Предложенный в данной работе аппарат осуществления выбора стратегии предотвращения опасности представляет собой композицию метода сводных показателей и метода аналитического планирования. Эта композиция позволяет добиться развития конкретных средств реализации информационных процессов в современных и перспективных автоматизированных системах мониторинга и управления пространственными процессами в соответствии с JDL–моделью.

Реализуя описание новых возможностей, которые дает интеграция указанных методов, необходимо указать, что приведенный в данной статье методический аппарат ориентирован на достаточно узкий круг задач определения средств предотвращения опасностей из ограниченного круга альтернатив. Возможности методов аналитического планирования по интерпретации результатов оценки ситуации, полученных с использованием методов сводных показателей значительно шире, чем это показано в данной статье. Этот факт дает основания для дальнейших исследований.

Предлагаемый в данной статье подход к использованию различных аналитических методов для принятия решений о предотвращении опасностей, выявляемых на более ранних уровнях обработки информации, согласно JDL–модели, предусматривает эффективное комплексирование этих методов и возможность реализации в программном обеспечении, что позволяет говорить о его универсальности и широкой практической применимости. Потенциал данного подхода можно проиллюстрировать фактами достигнутого эффекта от применения методов аналитического планирования для интерпретации результатов оценки состояния сложных программно-экономических объектов, проводимой на основе метода рандомизированных сводных показателей. Эти факты наиболее полно описаны в [10]. Данные факты убедительно показывают, что комплексирование методов сводных показателей оценки и аналитического планирования эффективно именно на этапе перехода от результатов анализа ситуации (состояния объекта и пр.) к выработке решения (плана) по ее изменению. Изучение существа этого

перехода составит предмет дальнейших исследований по теме данной статьи.

### Литература

1. *Popovich V.V., Voronin M.S.* Data harmonization, integration and fusion: three sources and three major components of geoinformation technologies // International Workshop Information Fusion and Geographic Information System. St.Petersburg, Russia, 2005. pp. 41–47.
2. *Hovanov N.V., Hovanov K.N.* Decision support system ASPID-3W (Analysis and Synthesis of Parameters under Information Deficiency). Certificate of the computer program official registration № 960087. March 22, 1996. Russian Federal Agency for legal safeguard of computer programs, databases, and integrated-circuit layouts (RosAPO). Moscow, 1996.
3. *Saaty Thomas L., Kearn Kevin P.* Analytical Planing. The organization of systems – New York, Pergamon Press, 1990.
4. *Rothenfluh T.R., Gennari J.H., Eriksson H., Puerta A.R., Tu S.W., Musen, M.A.* Reusable ontologies, knowledge-acquisitiontools, and performance systems: PROTEGE-II solutions to Sisyphus-2 // International Journal of Human-ComputerStudies. V. 44. 1996. pp. 303–332.
5. *McGuinness D.L., Abrahams M.K., Resnick L.A., Patel-Schneider P.F., Thomason R.H., Cavalli-SforzaV., Conati, C.* Classic Knowledge Representation System Tutorial. – <http://www.bell-labs.com/project/classic/papers/ClassTut/ClassTut.html>. 1994.
6. *DeLoach S.A., Kokar M.M.* Category theory approach to fusion of wavelet-based features // Proc. of the Second International Conference on Information Fusion, Vol.1, 1999. pp. 117–124.
7. *Kokar M.M., Tomasik J.A., Weyman J.* Data vs. decision fusion in the category theory framework. // 4th International Conference on Information Fusion, Vol.1, 2001. pp. TuA3-15 – TuA3-20.
8. *Kokar M.M., Tomasik J.A., Weyman J.* Formalizing Classes of Information Fusion Systems // Journal of Robotic Systems, 2005 No. 7(3).pp. 4–35.
9. *Kent R.E.* The IFF Category Theory Ontology. IEEE Computer Society Press, 2004. 430p.
10. *Boehm, B.W.* Software engineering economics. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey 07632, USA 1989. 767 p.

**Ивакин Ян Альбертович** — доктор технических наук, доцент; ведущий научный сотрудник СПИИРАН. Область научных интересов: интеллектуализация геoinформационных систем. Число научных публикаций — 62. [ivakin@oogis.ru](mailto:ivakin@oogis.ru); [www.oogis.ru](http://www.oogis.ru); СПИИРАН, 14 линия В.О., д.39, г. Санкт-Петербург, 199178, РФ; моб. т. +7 -911-284-36-20; р.т. +7(812) 355-96-81.

**Ivakin Yan Albertovich** — Dr. Sc. in Technical Sciences, Associate Professor; senior researcher fellow in St Petersburg Institute for Informatics and Automation of Russian Academy of Sciences (SPIIRAN). Research interests: intellectualization of geoinformational systems. The number of publication — 62. [ivakin@oogis.ru](mailto:ivakin@oogis.ru); [www.oogis.ru](http://www.oogis.ru); SPIIRAS, 14-th Line V.O., St.Petersburg, 199178, Russia; mob.phone +7 -911-284-36-20; office phone +7(812) 355-96-81.



**Потапычев Сергей Николаевич** — кандидат технических наук; старший научный сотрудник СПИИРАН. Область научных интересов — теория вероятности, применение методов математического моделирования в геоинформационных системах. Число научных публикаций — 41. [potapchev@oogis.ru](mailto:potapchev@oogis.ru); [www.oogis.ru](http://www.oogis.ru); СПИИРАН, 14 линия В.О., д.39, г. Санкт-Петербург, 199178, РФ; моб. т. +7 -921-925-38-32; р.т. +7(812) 355-96-82.

**Potapichev Sergey Nikolaevich** — PhD in Technical Sciences; researcher fellow in St Petersburg Institute for Informatics and Automation of Russian Academy of Sciences (SPIIRAN). Research interests: probability theory, application of mathematical and program modeling in geoinformational systems. The number of publication — 41. [potapchev@oogis.ru](mailto:potapchev@oogis.ru); [www.oogis.ru](http://www.oogis.ru); SPIIRAS, 14-th Line V.O., St.Petersburg, 199178, Russia; mob.phone +7 -921-925-38-32; office phone +7(812) 355-96-82.

## РЕФЕРАТ

### *Ивакин Я.А., Потапычев С.Н.* **Применение методов аналитического планирования для интерпретации результатов оценки ситуации в ГИС.**

Географические информационные системы являются основой прикладного программного обеспечения различных автоматизированных систем мониторинга и управления. На их основе реализуется многоуровневая технология слияния информации, представленная в обобщенном виде как JDL-модель слияния информации. Различные частные методы сводных показателей нашли самое широкое применение в математическом обеспечении выше указанных систем. Но оценка ситуаций и выявление опасностей не являются самоцелью процесса интеграции информации. Эти процессы соответствуют третьему уровню JDL-модели слияния информации. Переход же к четвертому уровню заключается в выработке вариантов предотвращения выявленной в результате оценки ситуации опасности и выборе (принятии решения) наилучшего из них.

Одним из подходов к разработке аппарата указанного выбора может являться использование методов аналитического планирования для интерпретации результатов оценки ситуаций и выявления опасностей в современных системах мониторинга и управления. При этом предполагается, что указанная оценка ситуации проводилась с использованием метода сводных показателей. Данная статья содержит описание основных этапов выбора стратегии предотвращения опасности:

1. Формирование множества стратегий предотвращения потенциальной опасности;
2. Двух иерархическое представление задачи выбора стратегии предотвращения;
3. Обеспечение сходимости при осуществлении выбора на базе двух иерархического представления.

Предложенный в данной работе аппарат осуществления выбора стратегии предотвращения опасности представляет собой композицию метода сводных показателей и метода аналитического планирования. Эта композиция позволяет добиться развития конкретных средств реализации информационных процессов в современных и перспективных автоматизированных системах мониторинга и управления пространственными процессами в соответствии с JDL-моделью. Предлагаемый в данной статье подход к использованию различных аналитических методов для принятия решений о предотвращении опасностей, выявляемых на более ранних уровнях обработки информации, согласно JDL-модели, предусматривает эффективное комплексирование этих методов и возможность реализации в программном обеспечении, что позволяет говорить о его универсальности и широкой практической применимости.

## SUMMARY

### ***Ivakin Y.A., Potapychев S.N. Analytical planning methods apply for the interpretation of the situation assessment results in GIS.***

Geographic information systems form a foundation for the applied software developed for various automated monitoring and control systems. Based on the above systems a multi-level information fusion technology generally represented as JDL-information fusion model is realized. Various partial methods of aggregative indices are widely used in the above systems' software. However, the situations' assessment and dangers' detection are not an end in themselves within the information integration processes. These processes match the third level of JDL-information fusion model. In its turn the transition to the forth level consists in developing certain versions of preventing the danger detected in a result of the danger situation assessment as well as in choosing (making decision) the best among the versions.

The use of analytical planning methods at interpreting the results of situations' assessment and dangers' detection in advanced monitoring and control systems forms one of the approaches to the development of the above choice apparatus. At that, the above mentioned situation assessment is assumed to be based on the aggregative indices method. The given paper describes the main stages of choosing the danger prevention strategy; they are

1. forming a set of strategies aimed at preventing a potential danger;
2. two-hierarchical representation of choosing the prevention strategy;
3. convergence ensuring at performing a choice based upon two-hierarchical representation.

The here proposed apparatus aimed at realizing the choice of danger prevention strategy constitutes a composition of aggregative indices and analytical planning methods. The above composition allows for developing specific means that realize information processes in advanced automated systems for monitoring and control of spatial processes in accordance with JDL-model. The approach proposed by this paper to using various analytical methods at decision-making intended for preventing dangers being detected at the earlier levels of information processing in the sense of JDL-model provides for an effective integration of these methods as well as a possibility of their software realization. So, the above clearly indicates that the proposed approach bears good universality and, consequently, and is good enough for a wide practical applicability.