

ТРАНСФОРМАЦИЯ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ТИПОВЫХ СИТУАЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ И АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

В.В. Антонов¹, К.А. Конев¹, Г.Г. Куликов²

¹ Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа, Россия,

² АО «Уфимское научно-производственное предприятие «Молния» холдинга «Технодинамика», г. Уфа, Россия

В настоящей статье рассматриваются вопросы повышения эффективности деятельности по поддержке принятия решений при относительно большом объёме информации. Актуальность исследования связана со всё возрастающей сложностью объектов управления, что ведёт к снижению эффективности принятия решений на основе личного опыта лиц, принимающих решения, вплоть до полной невозможности. **Цель.** В качестве основной цели статьи рассматривается анализ проблем, с которыми сталкиваются лица, принимающие решения, и формирование методов для повышения результативности принятия решений в типовых ситуациях. В статье исследуются основные компоненты интеллектуальной подсистемы системы поддержки принятия решений, которые требуют применения аналитических инструментов, а также формируется структура взаимодействия методов, необходимых для эффективного формирования сценариев информационной поддержки принятия решений. **Методы.** Для достижения целей применялись: метод поддержки принятия решений на основе интеллектуальной компоненты, который нацелен на создание эффективной инфраструктуры для поддержки принятия решений; методы идентификации и категоризации, предназначенные для осуществления наиболее точного и корректного сопоставления характеристик (состояния) наблюдаемой ситуации и характеристик типовой ситуации, хранимых в базе знаний; методы корреляции, направленные на поиск зависимостей между характеристиками ситуаций и сценариев для решения проблем, связанных с этими ситуациями; метод построения предметной квалиметрии, использованный для формирования прогнозной модели для оценки степени соответствия выбранного сценария решения сложившейся ситуации. **Результат.** Определено, что важным аспектом принятия решений в типовых ситуациях – является наиболее точная идентификация состояния ситуации, выбор наилучшего сценария реализации решения для этой ситуации и анализ последствий выбранного комплекса мероприятий. Для решения указанных задач сформированы метод идентификации ситуации, метод поиска сценариев решения и квалиметрическая методика прогнозной оценки результативности выбранного сценария. **Заключение.** В статье сделан вывод, что деятельность по принятию решений на основе накопленного опыта может быть улучшена за счёт использования предложенных методов и внедрения системы поддержки принятия решений с интеллектуальной компонентой.

Ключевые слова: принятие решений, интеллектуальная подсистема системы поддержки принятия решений, идентификация ситуации, поиск сценариев, квалиметрическая модель.

Введение

Процесс принятия решений является одной из важнейших и актуальнейших тем для исследователей всего мира [20]. При этом значительный объём задач любого ЛПР относится к классу типовых, повторяющихся (самоподобных). Как правило, любой такой специалист, в зависимости от характеристик ситуации, подбирает настройки типового сценария решения [14]. Например, водитель может ехать по любой дороге, но использует для управления транспортным средством одни и те же приёмы. Тем не менее вопрос настройки типовых сценариев решений остаётся очень сложным и важным. Этому способствует несколько причин: ситуация не обязательно однозначно может быть отнесена к известным типам, существующий сценарий решения может не полностью удовлетворять ситуации, выбор сценария решения обычно не очевиден. Эти причины в значительной мере объясняют ошибки в управленческих решениях, принимаемых во вполне установившихся стабильных организационных процессах [18].

Основным способом принятия решений в типовых ситуациях на сегодняшний день является неформализованный опыт. С точки зрения современных исследователей опыт принятия решений не должен оставаться только в памяти ЛПР, но и должен отчуждаться и сохраняться в виде знаний в интеллектуальных подсистемах систем поддержки принятия решений [4, 22]. В этом случае задачи классификации множества ситуаций и множества сценариев для поиска управленческих решений сводятся к математическим алгоритмам [7, 11]. Однако остаётся два значимых вопроса – вопросы выбора и настройки сценария решения для выявленных характеристик ситуации. Решению данных актуальных задач посвящена данная статья.

1. Интеллектуальная подсистема системы принятия решений

Современная система поддержки принятия решений с большой долей вероятности должна содержать интеллектуальную компоненту [21]. Интеллектуальная компонента включает не только набор спецификаций описания характеристик некоторых типовых ситуаций и набор спецификаций характеристик сценариев принимаемых решений, но и правила для идентификации параметров ситуаций, для выбора сценария для идентифицированной ситуации, а также для прогнозирования последствий принятого решения. Последние две задачи очень похожи, но не тождественны, поскольку выбор сценария решения для какой-либо ситуации подразумевает отбор всех подходящих сценариев, в то время как прогнозирование последствий – это попытка оценить и выбрать наилучшее решение, т. е. решение задачи оптимизации по одному или нескольким из заданных критериев (максимизация полезности, снижение затрат, максимизация безопасности и т. д.).

Важно отметить, что вопросы автоматизации принятия решений имеют несколько уровней. На уровне интуитивно очевидных решений по типу «идёт дождь – возьми зонт» нет смысла в глубокомысленном анализе. Принятие новых решений в новых ситуациях на объекте управления – чрезвычайно интересный вопрос, частично рассмотренный в [2], выходит за предмет изложения данной статьи, так же как и вопрос принятия решений по нечётким данным, собранным главным образом со слов экспертов. В данной статье наиболее подробно рассмотрены методы принятия решений на основе относительно полных и точных данных, которые можно обрабатывать с помощью методов нечеткой логики или статистически. Таким образом, интеллектуальная подсистема системы поддержки принятия решений представляет собой комплекс внешних и внутренних дискретных описаний ситуаций, сценариев и правил нескольких типов (рис. 1).

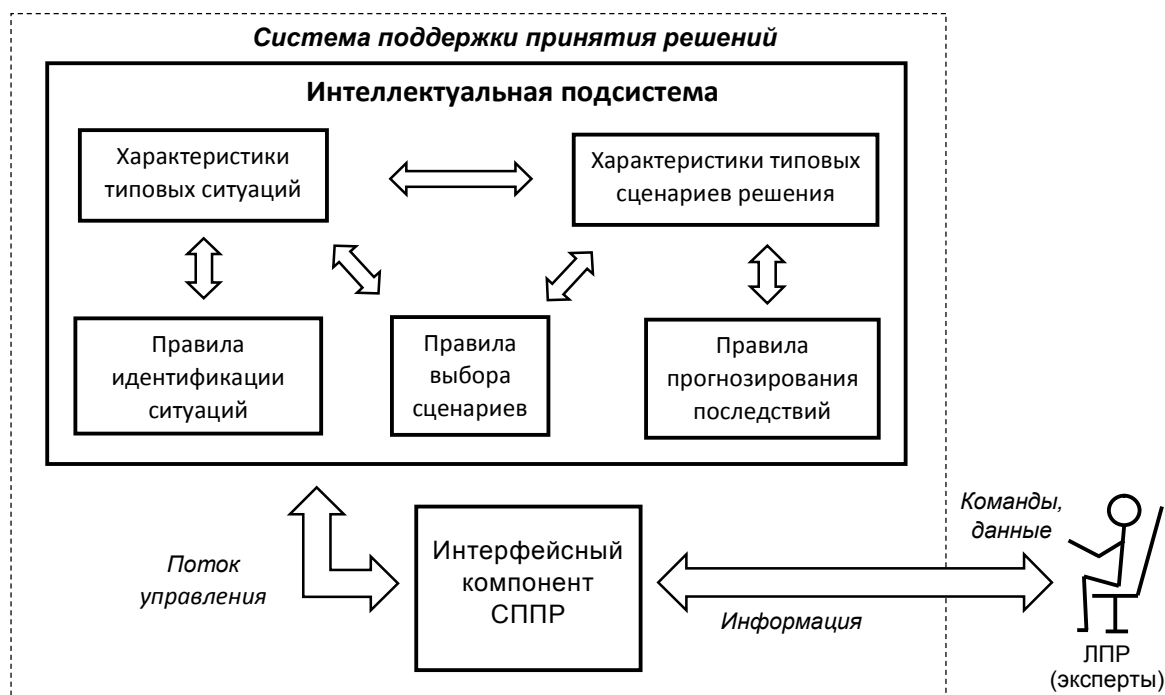


Рис. 1. Структура интеллектуальной подсистемы системы поддержки принятия решений
Fig. 1. The structure of the intelligent subsystem of the decision support system

Разработка интеллектуальной подсистемы для типовых, достаточно изученных ситуаций представляет собой задачу объединения знаний об этих ситуациях, сценариях решений для них и правил.

Для принятия решений при таких данных основную научную проблему составляют разработка новых или адаптация существующих методов системной инженерии для решения задач идентификации ситуаций, выбора сценариев и прогнозирования последствий принятых решений. Рассмотрим подробнее, каким образом системно можно решить данные задачи в рамках базовых международных стандартов [3, 12].

2. Метод системной идентификации ситуации

Задачи на этапе «узнавания» или идентификации ситуации могут решаться с очень высокой точностью, если ситуация оценивается по большому числу показателей. Для существенно типовых процессов, в которых ЛПР обладает глубоким опытом, такая задача может вполне корректно решаться интуитивно на ситуационно-функциональном уровне. Однако для задач, реализуемых относительно редко и свойственных главным образом проектам, ЛПР далеко не всегда способен с ходу правильно идентифицировать ситуацию. В любом случае разработчик системы поддержки принятия решений не может прогнозировать на длительную перспективу, какие именно типовые ситуации не требуют поддержки ЛПР, а какие, напротив, требуют. Тем более что роль ЛПР не привязана к конкретному человеку, а новый работник может иметь совсем другой, зачастую более низкий, уровень компетенций. Таким образом, задача идентификации есть задача накопления, сохранения, актуализации и использования опыта распознавания типовых ситуаций как объектов по их внутренним признакам в топологической системе координат «пространство – время». Если набор типовых ситуаций обширен, то количество признаков, по которым идентифицируется («узнаётся») ситуация, может быть очень велико и образовывать целую классификационную модель, таксономию. Наиболее известным примером обширной таксономии для идентификации является – классификация видов по Линею – Ламарку [16]. По аналогии с ней вполне можно классифицировать наблюдаемые ситуации, в которых принимается решение, например, специалистом по закупкам при выборе поставщика или при решении о размерах запасов и т. д. Схема таксономии признаков типовой ситуации продемонстрирована на рис. 2.

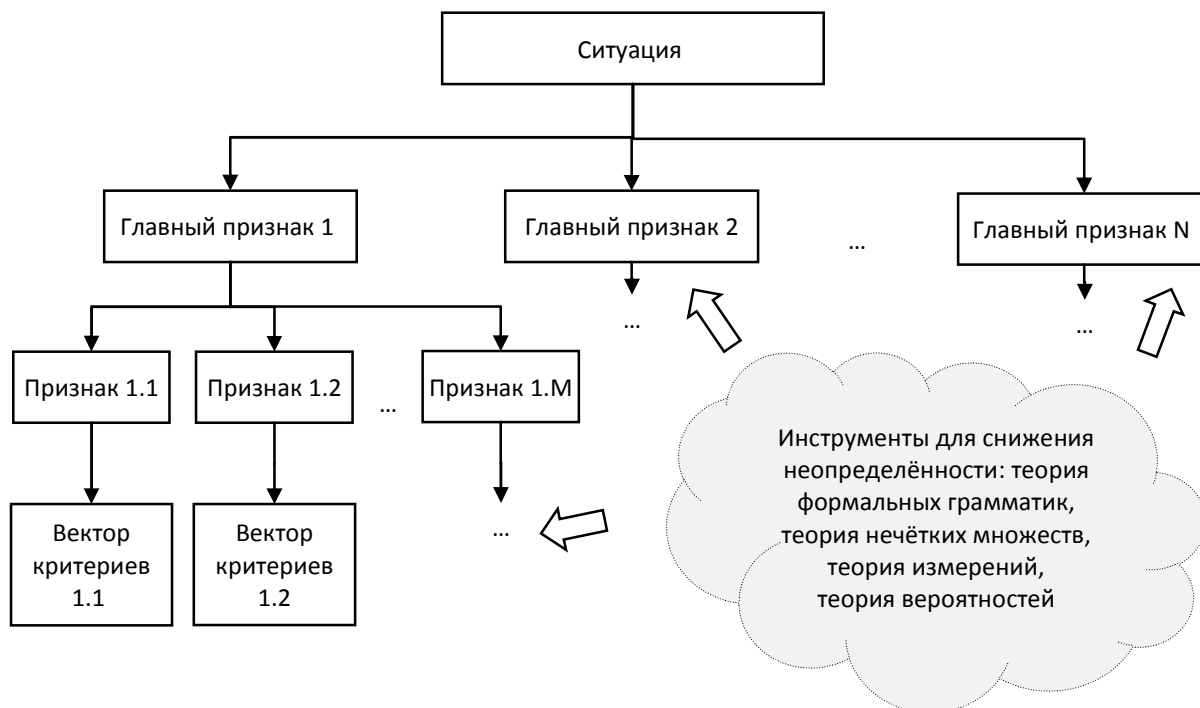


Рис. 2. Схема таксономии признаков типовой ситуации
Fig. 2. The taxonomy scheme of the characteristics of a typical situation

Концептуальным аспектам подхода к построению таксономий признаков типовой ситуации при её идентификации («узнавании») с учётом вероятности правильности определения каждого признака посвящена статья [15].

С целью формализации и дальнейшей алгоритмической реализации данной задачи может быть применён аналитический аппарат её описания на основе теории категорий множеств [6, 19]. Определим две категории объектов: N – «наблюдаемая ситуация» и T – «типовая ситуация». Для того чтобы ситуация N_j была идентифицирована как одна из известных T_i , необходимо обеспечить условия, при которых некоторая часть параметров объектов этой категории соответствовала параметрам объектов типовой ситуации. То есть речь идёт о мономорфизме объектов из T_i в N_j и определении функционального отношения $f: T_i \rightarrow N_j$, где внутренние характеристики типовой ситуации $t_x \in T_i$ и наблюдаемой ситуации $n_y \in N_j$ связаны композицией

$$n_y = z \circ t_x, \quad (1)$$

где z – некоторый искомый подобъект (морфизм), определяемый из множества отношений f , связывающий внутренние совпадающие характеристики объектов.

На основании проведённых исследований могут быть определены характеристики наблюдаемой ситуации и сделаны выводы о совпадении их части с типовой ситуацией. При этом долю совпадающих характеристик и степень совпадения следует определять и настраивать для каждой конкретной предметной области.

3. Метод системного поиска сценариев решения

Подбор сценария мероприятий по решению проблемы, связанной с ситуацией на объекте управления – задача поиска по характеристикам сценария, наилучшим образом удовлетворяющего той типовой ситуации, к которой наблюдаемое состояние было отнесено ранее.

В данном поиске возможно два исхода – один или несколько сценариев принятия решения уже ассоциированы с конкретным состоянием (набором параметров) типовой ситуации. Такое соответствие могло быть установлено в ходе предыдущих итераций поиска решений, и оно не требует каких-либо дополнительных средств для реализации, достаточно запустить цикл с перебором всех имеющихся в базе знаний ассоциаций. Второй исход – отсутствие в базе знаний ассоциированной с конкретным состоянием типовой ситуации сценария принятия решений.

При большой выборке данных о состояниях типовой ситуации и их связях со сценариями принятия решений можно применять методы корреляционно-регрессионного анализа [17]. Проблема в том, что на большой выборке все возможные сценарии решений, скорее всего, уже будут обнаружены и ассоциированы с конкретными состояниями типовой ситуации. Поэтому наибольший интерес представляют возможности по принятию решений при наличии относительно небольшого объёма данных. В таком случае, учитывая гетероскедастичность рассматриваемых параметров ситуации, возможно использование корреляционного анализа на малых выборках, например, рангового коэффициента корреляции Спирмена [8].

Действительно, если признаки типовой ситуации, на основании анализа которых принимается решение о соответствии сценария этой ситуации, рассмотреть, как анализируемые параметры, то разность этих параметров с параметрами, которые соответствуют некоторому сценарию, можно представить в виде параметра D в выражении для поиска коэффициента корреляции Спирмена (ρ). Если принять за n число анализируемых параметров, то коэффициент корреляции можно определить по известной формуле

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum D^2}{n(n^2 - 1)}. \quad (2)$$

Теперь, перебирая в цикле все состояния типовых ситуаций и состояния сценариев решений, можно определять наличие или отсутствие корреляции, а значит и отбирать некоторые сценарии идентифицированной ситуации с целью представления в виде варианта решения для ЛПР.

При решении задач при неполной и, возможно, не вполне объективной информации необходимо воспользоваться методами теории нечётких множеств, что планируется в рамках другой статьи. В следующей главе рассмотрен пример метода для формирования оценки вероятности, при которой выбранный сценарий приемлем для решения выявленной проблемы.

4. Квалиметрическая методика прогнозной оценки результативности выбранного сценария

При выполнении двух условий – наличии в базе знаний достаточного объёма информации относительно того, какие решения принимались в данной ситуации ранее и наличии достаточной уверенности в этой информации – появляется возможность использования квалиметрических методов обработки информации [1, 5], обеспечивающих формирование прогнозов относительно выбранного сценария решения. Можно предложить методику, основанную на прогнозной квалиметрической модели, которая формируется как средневзвешенное от показателей, категоризованных по выбранным аспектам на основе сведений о базовых элементах (функции, ресурсы, правила и цели). Причём под целью здесь понимается некоторая ситуация, в которой показатель уверенности в решении поставленной задачи (устранении проблемы) равен 1 (100 %), либо около данного значения.

Для построения системы оценки необходимо формирование частной квалиметрии для каждого сценария решения. Такая квалиметрия (Q) будет свёрткой из множества категорий (C), созданных на основе множеств базовых элементов типовой ситуации, т. е. множества функций (F), множества ресурсов (R), множества правил (N) и множества целей (G).

$$Q = f(C, F, R, N, G), \text{ причём } C = \langle F, R, N, G \rangle. \quad (3)$$

Методика предполагает:

1) выделение показателей, связанных с функциями (трудоемкость, сложность и т. д.), ресурсами (затраты во всех формах, инфраструктура, время, кадры и т. д.), правилами (нормативные, этические, физические и прочие ограничения), целями (степень реализации поставленной задачи, оцененная, например, в баллах);

2) взвешивание показателей на основе их значимости, определяемой по экспертным, частично объективным или полностью объективным критериям. Например, стоимость – абсолютно объективный критерий; затратность сильно зависит от вида учитываемого ресурса и способа учёта, поэтому является частично объективным, а критерий лояльности или современности могут оценивать только эксперты;

3) формирование правил свёртки показателей. На данном этапе обычно используют сложную свёртку, в которой используются промежуточные вычисления. Так, показатель «качество» может быть свёрткой от показателя «проверяемость», который сам может быть свёрткой от иных показателей. В сложной свёртке обнуление одного из интегральных показателей, на котором она построена, обычно истолковывается как обнуление и основного показателя. Например, если студент набрал по теоретической части оценку «хорошо», а по практической – «неудовлетворительно», то и суммарная оценка может быть «неудовлетворительно», поскольку полностью не выполнен один из базовых элементов программы обучения;

4) определение критериев, которые позволят автоматически формировать рекомендации для ЛПР по уровню соответствия рассматриваемого сценария целям;

5) оценку качества самой квалиметрии на основе специальных показателей.

Алгоритм реализации квалиметрической методики оценки приемлемости сценария решения показан на рис. 3.

Поскольку любая система оценки может быть скомпрометирована по причине недостаточного охвата оцениваемых характеристик или по причине низкого доверия к ней, то разумно ввести показатели для оценки этих показателей. Для оценки качества квалиметрии целесообразно применять показатель её полноты (P_f), определяющий степень покрытия показателями всех значимых свойств измеряемого объекта и показатель объективности квалиметрии (P_t), определяющий степень доверия к оценке, полученной в системе оценки.

Рассмотрим оцениваемый объект как совокупность свойств его элементов, как это показано на рис. 4.

Показатель полноты квалиметрии можно рассматривать как часть свойств объекта, выраженных в виде измеримых показателей, отнесённых ко всем известным свойствам. Поскольку различные свойства имеют разный вес для целей исследователя, то их следует взвесить. Построим аналитическое выражение для расчёта P_f .

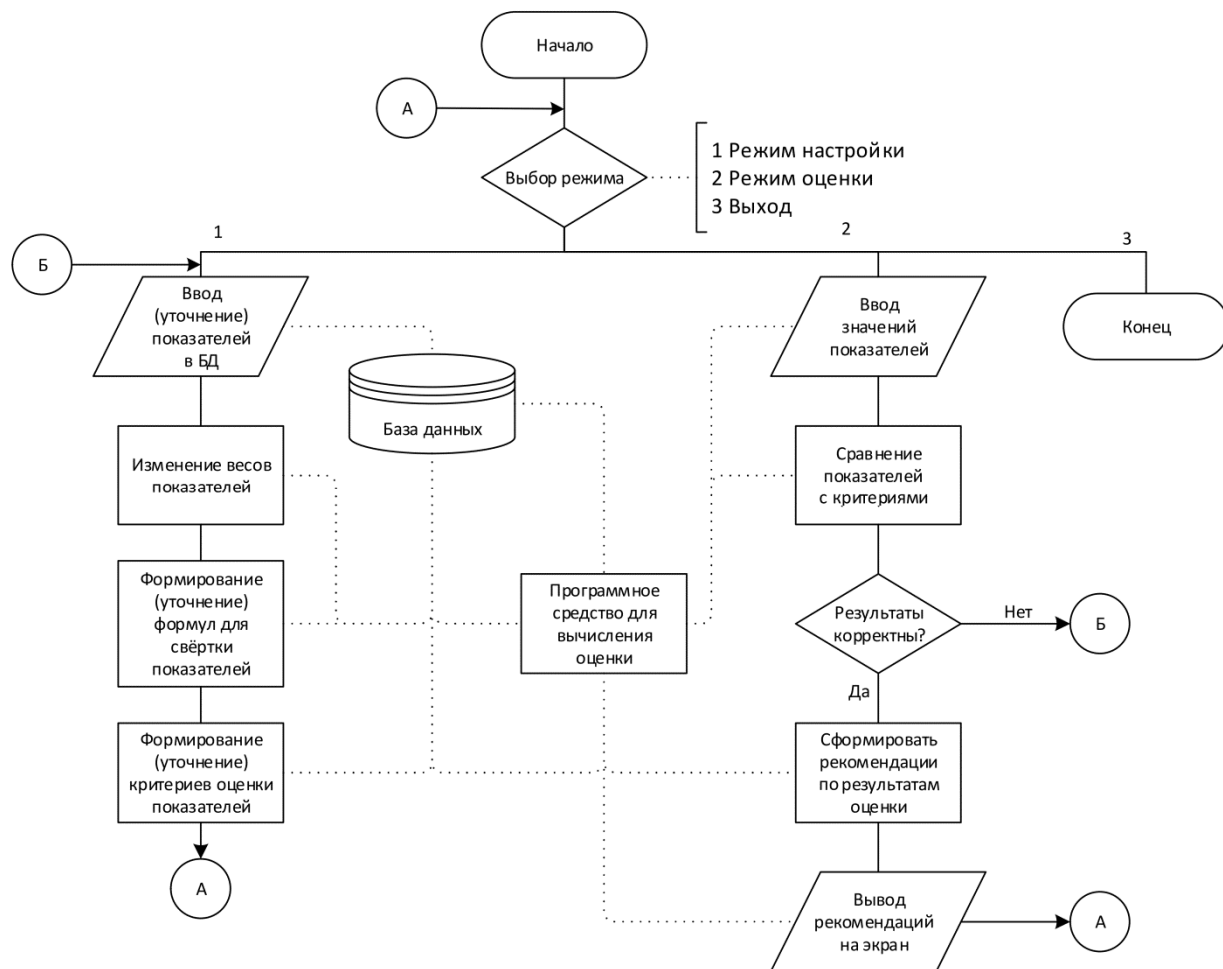


Рис. 3. Алгоритм реализации квалиметрического метода оценки приемлемости сценария решения
Fig. 3. Algorithm for the implementation of the qualimetric method for acceptability assessing of the solution scenario

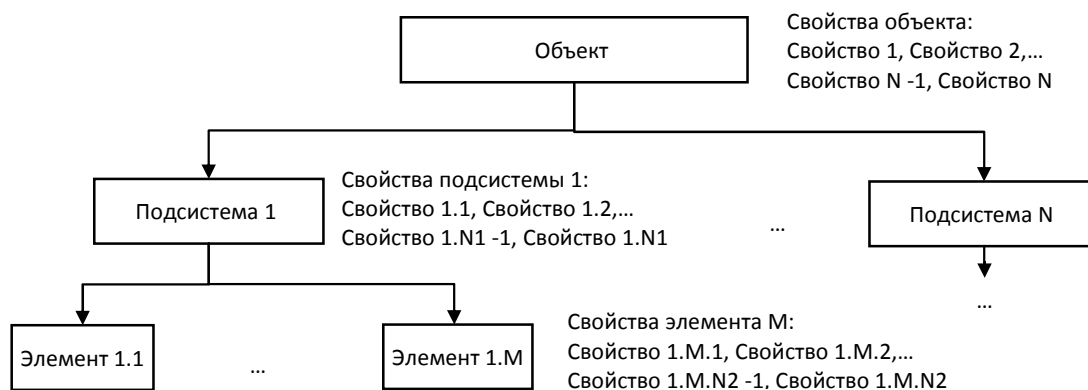


Рис. 4. Объект исследования как объект для оценки
Fig. 4. The object of research as an object for evaluation

Введём обозначения:

$P = \{p_1, \dots, p_m\}$ – множество измеряемых свойств, где m – количество таких свойств;

$P_m = \{p_{m1}, \dots, p_{mn}\}$ – множество всех свойств объекта исследования, где n – количество таких свойств.

Каждому свойству объекта исследования p_{mj} (и соответственно p_j) поставим в соответствие весовой коэффициент (коэффициент значимости) w_{mj} . Так как нас интересуют только измеряемые свойства, то каждому p_j будет соответствовать весовой коэффициент w_j .

Информатика и вычислительная техника

Множество таких весовых коэффициентов $W_m = \{w_{m1}, \dots, w_{mn}\}$ может быть принято в качестве цифрового эквивалента множества всех свойств объекта исследования.

Введем обозначение:

$W = \{w_1, \dots, w_m\}$ – множество весовых коэффициентов цифрового эквивалента всех измеряемых свойств объекта исследования. Очевидно, что $W \subseteq W_m$ и $P \subseteq P_m$.

Тогда выражение для расчёта показателя полноты квалиметрии примет вид

$$P_f = \frac{\sum_{j=1}^m w_j}{P_{\max}}, \quad (4)$$

где P_{\max} – сумма весовых коэффициентов цифрового эквивалента множества всех свойств объекта исследования, вычисляемое по аналогичной формуле

$$P_{\max} = \sum_{j=1}^n w_{mj}, \quad (5)$$

Подставляя формулу (5) в формулу (4), получим следующее:

$$P_f = \frac{\sum_{j=1}^m w_j}{\sum_{j=1}^n w_{mj}} \quad (6)$$

Таким образом, полнота квалиметрии определяется отношением числа измеряемых к общему числу показателей по каждому весу. Отбрасывание показателей с низкими весами оправдано, если показатель полноты не уменьшается до значений меньше 0,9.

Кроме того, показатель полноты может показывать, что некоторые характеристики объекта не измеряются вследствие особенностей их природы, сложности получения данных, низкого доверия к данным и т. д. В этом случае возможно $P_f < 0,9$, но тогда ЛПП должен принять риски подобного метода измерения.

Показатель объективности квалиметрии демонстрирует оценку уровня доверия к ней. Если составить шкалу экспертной оценки уровня объективности показателей, (например, от 0,1 до 1 с шагом равным 0,1), то объективность квалиметрии (P_t) можно определить как отношение суммы баллов по этой шкале за все показатели (S_w) к числу показателей (N_{\max}):

$$P_t = \frac{S_w}{N_{\max}}. \quad (7)$$

Пример таблицы весов для определения показателя объективности квалиметрии показан в табл. 1.

Таблица весов показателей объективности квалиметрии

Таблица 1

Table 1

Table of indicators weights of qualimetry objectivity

Тип веса	Подкатегория	Условие выбора	Балл
Объективные	Достоверные	Измерение, известная константа, прямой подсчёт	1
	Достаточно достоверные	Измерение с высокой погрешностью, затруднённый подсчёт	0,9
Групповые экспертные	Достаточно достоверные	Перепроверенная оценка, рассчитанная по общеизвестной методике на основе объективных показателей	0,9
	Высокого доверия	Перепроверенная оценка, сделанная по общеизвестной методике группой авторитетных экспертов	0,8
	Достаточно высокого доверия	Оценка, сделанная по общеизвестной методике группой авторитетных экспертов	0,7
	Доверия выше среднего	Оценка, сделанная по общеизвестной методике авторитетным экспертом	0,6
	Среднего доверия	Оценка, сделанная на основе классических экспертных методов группой авторитетных экспертов	0,5
	Невысокого доверия	Оценка, сделанная на основе классических экспертных методов группой экспертов среднего доверия	0,4
	Достаточно низкого доверия	Оценка, сделанная на основе классических экспертных методов группой экспертов, доверие к которым низко или неопределенно	0,3

Окончание табл. 1

Тип веса	Подкатегория	Условие выбора	Балл
Субъективные	Достаточно низкого доверия	Подтверждаемая другими оценка, сделанная авторитетным экспертом на основе опыта и логики	0,3
	Низкого доверия	Неподтверждённая оценка, сделанная авторитетным экспертом на основе опыта и логики	0,2
	Малополезные	Неподтверждённая оценка, сделанная заслуживающим доверия экспертом на основе опыта и логики	0,1
	Некорректные	Неподтверждённая оценка, сделанная неизвестным экспертом на основе опыта и логики	0

5. Пример принятия решений на основе данных интеллектуальной подсистемы системы поддержки принятия решений

Для демонстрации работоспособности предложенного метода приведён небольшой пример. Пусть ЛПР решает задачу покупки компьютера для рабочего места специалиста по закупкам. Система поддержки принятия решений идентифицировала ситуацию как «закупка оборудования для рабочего места специалиста» и обнаружила для такой типовой ситуации следующие сценарии решений:

- 1) отказаться от покупки;
- 2) закупить наиболее дешёвый вариант на рынке (типовая комплектация 1);
- 3) закупить продвинутый вариант с расширенными коммуникационными компонентами (типовая комплектация 2);
- 4) закупить брендовый ноутбук от известной фирмы (типовая комплектация 3);
- 5) проконсультироваться с экспертом в отделе информационных технологий для формирования нового сценария.

Каждый из вариантов характеризуется некоторыми значениями множеств F, R, N, G , которые известны. Рассмотрена таблица со значениями данных показателей (табл. 2):

Таблица 2

Пример нормирования вариантов решения по параметрам

Table 2

An example of the normalization of solution options by parameters

Варианты	Функции (трудоемкость в баллах)	Ресурсы (время и фин. ресурсы в баллах)	Правила (ограничения в баллах)	Цели (степень реализации запроса в баллах)
1	-0,1	0	нет	0
2	-1	-1	нет	2
3	-1	-2	нет	6
4	-1	-3	нет	4
5	-1	0	нет	0

Если механически суммировать показатели, то победит стратегия 3. Однако очевидно, что результат сильно зависит от весов каждого из показателей, степени их учёта и финальной формулы свёртки. Очевидно, что в рассмотренном примере показатели P_f, P_t не будут очень высокими, поскольку расчёт был сделан на основе очень общих и поверхностных показателей. Тем не менее для любой подобной задачи можно, единожды настроив эти параметры, затем регулярно получать от системы поддержки вполне конкурентоспособные предложения. Понятно, что точность оценки будет обеспечена только на большом числе показателей, что предполагает автоматизацию процесса измерения.

Кроме того, следует учесть и опыт применения оценок. Для формирования представления о надёжности оценки вводится показатель «доверенность оценки», который является минимальным при её создании и растёт по мере констатации успешности её применения.

Важно отметить, что предложенный системный метод может быть корректно дополнен другими методами, позволяющими проводить подготовку каких-либо данных или формировать зна-

чения каких-либо показателей. Окончательную логику применения могут определить только предметная область и эксперт, который формирует систему.

Приведенные выше правила структурирования и формализации представления множества ситуаций, множества сценариев для их отношений, множества алгоритмов для вычисления параметров и др. в исследуемой предметной области могут быть реализованы в форме системной функциональной модели с вертикальной декомпозицией связей объектов по уровням (внешние связи) и горизонтальной декомпозицией по внутренним связям в объекте на метаязыках моделирования IDEF или UML с применением их CASE технологий или с применением BPMN систем [9, 13].

Заключение

В целом концепция создания системы поддержки принятия решений на основе интеллектуальной подсистемы в таких аспектах, как продвинутый человеко-машинный интерфейс и доступность ресурсов компьютерной системы, вполне укладывается в направление развития современных промышленных информационных технологий, известное как программа «Индустрия 4.0» [10].

В достаточно стабильном бизнес-процессе принятие решений осуществляется на основе опыта ЛПП. Однако для современного предприятия этот способ не всегда эффективен. Для решения проблемы используются интеллектуальные подходы, построенные на основе аналитики знаний. Исследования показали, что при реализации подходов к принятию решений необходимо решать следующие задачи: идентификация состояния (характеристик) ситуации, в которой находится объект управления, выбор нужного сценария решения (действия или алгоритма действия) и прогнозирование последствий принятого решения. Каждый из этих элементов процесса принятия решений реализуется специальными методами, которые позволяют снизить неопределённость принимаемого решения.

Таким образом, можно заключить, что деятельность по принятию решений на основе накопленного опыта может быть улучшена за счёт использования предложенных методов. Для этого потребуются цифровизация деятельности ЛПП и внедрение системы поддержки принятия решений с интеллектуальной компонентой.

В дальнейшем планируется интеграция рассмотренных методов в рамках общей концепции принятия решений с методами, применяемыми для принятия решений в существенно неопределённых ситуациях и в ситуациях, сильно зависящих от субъективных оценок ЛПП.

Исследование проводится при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках основной части государственного задания высшим учебным заведениям № FEUE-2020-0007.

Литература

1. Азгальдов, Г.Г. *Квалиметрия для всех: учеб. пособие* / Г.Г. Азгальдов, А.В. Костин, В.В. Садовов. – М.: ИнформЗнание, 2012. – 165 с.
2. Антонов, В.В. *Интеллектуальный метод поддержки принятия решений в типовой ситуации* / В.В. Антонов, К.А. Конев // *Онтология проектирования*. – 2021. – Т. 11, № 1 (39). – С. 126–136. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-1-126-136
3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288–2005. *Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем*. – М.: Стандартинформ, 2006. – 57 с.
4. *Интеллектуальное ядро системы поддержки принятия решений* / В.П. Осипов и др. // *Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша*. – 2018. – № 205. – 23 с.
5. *Квалиметрия в машиностроении: учеб.* / Р.М. Хвастунов [и др.]. – М.: Экзамен, 2009. – 285 с.
6. Ковалёв, С.П. *Методы теории категорий в модельно-ориентированной системной инженерии* / С.П. Ковалёв // *Информатика и ее применения*. – 2017. – Т. 11, № 3. – С. 42–50.
7. Конев, К.А. *Принятие решений на основе онтологической модели учебной дисциплины* / К.А. Конев // *Информатизация образования и науки*. – 2020. – № 4 (48). – С. 124–134.
8. Кошелева, Н.Н. *Корреляционный анализ и его применение для подсчета ранговой корреляции Спирмена* / Н.Н. Кошелева // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. – 2012. – № 5. – С. 23–26.

9. Методология проектирования системных моделей рабочих процессов с применением предметно-ориентированных метаязыков / Г.Г. Куликов, А.Ю. Сапожников, А.А. Кузнецов, А.С. Маврина // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2020. – Т. 20, № 2. – С. 45–55. DOI: 10.14529/ctcr200205
10. Минчичова, В. Россия в Индустрии 4.0 / В. Минчичова // Молодой учёный. – 2020. – № 24 (314). – С. 196–198.
11. Орлов, А.И. Прикладная статистика: учеб. / А.И. Орлов. – М.: Экзамен, 2004. – 656 с.
12. Подход к применению концепции цифровых двойников для трансформации корпоративной информационной системы под требования INDUSTRY 4.0 (на примере создания единого информационного пространства «вуз – предприятие») / Г.Г. Куликов, А.Ю. Сапожников, А.А. Кузнецов и др. // Вестник УГАТУ. – 2019. – Т. 23, № 4 (86). – С. 154–160.
13. Разработка формальной модели производственного процесса для организации проектного и производственного менеджмента с применением интеллектуальной КИС / А.В. Речкалов, Г.Г. Куликов, В.В. Антонов, А.В. Артюхов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2014. – № 11. – С. 34–54.
14. Сандермоен, Ш. Организационная структура / Ш. Сандермоен. – М.: Альпина Диджитал, 2019. – 123 с.
15. Ситуационно-онтологическая методология принятия решений на примере бизнес-процессов авиаприборостроительного предприятия / В.В. Антонов, К.А. Конев, В.А. Суворова, Г.Г. Куликов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2021. – Т. 21, № 1. – С. 102–115. DOI: 10.14529/ctcr210110
16. Скворцов, А.К. У истоков систематики. К 300-летию Карла Линнея / А.К. Скворцов // Природа: журн. – 2007. – № 4. – С. 3–10.
17. Соколов, Г.А. Введение в регрессионный анализ и планирование регрессионных экспериментов в экономике / Г.А. Соколов. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 109 с.
18. Черняк, В.З. Методы принятия управленческих решений: учеб. / В.З. Черняк. – М.: Academia, 2019. – 296 с.
19. Abramsky, S. Introduction to Categories and Categorical Logic / S. Abramsky, N. Tzevelekos // New Structures for Physics. Part of the Lecture Notes in Physics Book Series (LNP, vol. 813). – 2011. – P. 3–94.
20. Brockmann, E.N. Tacit knowledge and strategic decision making / E.N. Brockmann, W.P. Anthony // Group & Organization Management. – 2016. – Vol. 27 (4). – P. 436–455.
21. Duan, Y. Artificial intelligence for decision making in the era of Big Data – evolution, challenges and research agenda / Y. Duan, J.S. Edwards, Y.K. Dwivedi // International Journal of Information Management. – 2019. – Vol. 48. – P. 63–71.
22. Tariq, A. Intelligent Decision Support Systems – A Framework / A. Tariq, Kh. Rafi // Information and Knowledge Management (Online). – 2012. – Vol. 2, no. 6. – P. 12–19.

Антонов Вячеслав Викторович, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой автоматизированных систем управления, Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа; antonov.v@bashkortostan.ru.

Конев Константин Анатольевич, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры автоматизированных систем управления, Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа; sireo@rambler.ru.

Куликов Григорий Геннадьевич, технический директор, АО «Уфимское научно-производственное предприятие «Молния» холдинга «Технодинамика», г. Уфа; grigmolniya@gmail.com.

Поступила в редакцию 24 июня 2021 г.

TRANSFORMATION OF THE DECISION SUPPORT SYSTEM MODEL FOR STANDARD SITUATIONS USING INTELLECTUAL AND ANALYTICAL METHODS

V.V. Antonov¹, antonov.v@bashkortostan.ru,
K.A. Konev¹, sireo@rambler.ru,
G.G. Kulikov², grigmolniya@gmail.com

¹ Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation,

² JSC "Ufa Scientific and Production Enterprise "Molniya" of the Holding "Tekhnodinamika", Ufa, Russian Federation

The article discusses the issues of improving the efficiency of decision support activities on a relatively large amount of information. The research relevance is associated with the increasing complexity of control objects, which leads to a decrease in the efficiency of decision-making based on the personal experience of decision-makers, up to complete impossibility. The purpose of the article is to analyze the problems faced by decision-makers and the creation of methods to improve the effectiveness of decision-making in typical situations. The article examines the main components of the intelligent subsystem of the decision support system, which require the use of analytical tools, and also forms the methods interaction structure necessary for the effective formation of scenarios of information support for decision making. To achieve the goals, a decision support method based on an intelligent component was used, which is aimed at creating an effective infrastructure to support decision-making; methods of identification and categorization, designed to implement the most accurate and correct comparison of the characteristics (state) of the observed situation and the characteristics of a typical situation stored in the knowledge base; correlation methods aimed at finding dependencies between the characteristics of situations and scenarios to solve problems associated with these situations; a method for constructing subject qualimetry, used to form a predictive model to assess the degree of compliance of the selected scenario for solving the current situation. As a result, it was determined that an important aspect of decision-making in typical situations is the most accurate identification of the state of the situation, the choice of the best scenario for implementing the solution for this situation and the analysis of the consequences of the selected set of measures. To solve these problems, a method for identifying a situation, a method for finding solution scenarios and a qualimetric method for predicting the effectiveness of the selected scenario have been formed. The article concludes that decision-making activities based on the accumulated experience can be improved by using the proposed methods and implementing a decision support system with an intelligent component.

Keywords: decision making, intelligent subsystem of the decision support system, identification of the situation, search for scenarios, qualimetric model.

The study is carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the main part of the state assignment to higher educational institutions No. FEUE-2020-0007.

References

1. Azgaldov G.G. Kostin A.V., Sadovov V.V. *Kvalimetriya dlya vseh: uchebnoye posobiye* [Qualimetry for all: a tutorial]. Moscow, InformZnanie Publ., 2012. 165 p.
2. Antonov V.V., Konev K.A. [Intellectual method of decision-making support in a typical situation]. *Ontology of design*, 2021, vol. 11, no. 1 (39), pp. 126–136. (in Russ.) DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-1-126-136
3. *GOST R ISO/IEC 15288–2005. Informatsionnaya tekhnologiya. Sistemnaya inzheneriya. Protsessy zhiznennogo tsikla sistem* [Federal standard R ISO/IEC 15288–2002. Information technology. System engineering. The process of the systems life cycle]. Moscow, Standartinform Publ., 2006. 57 p.
4. Osipov V.P. et al. *Intellektualnoye yadro sistemy podderzhki prinyatiya resheniy*. [The intellectual core of the decision support system]. *Preprints of the M.V. Keldysh Institute of Applied Mathematics*, 2018, no. 205. 23 p.
5. Khvastunov R.M. et al. *Kvalimetriya v mashinostroyenii: ucheb.* [Qualimetry in mechanical engineering: textbook]. Moscow, Ekzamen Publ., 2009. 285 p.

6. Kovalev S.P. [Methods of category theory in model-oriented systems engineering]. *Informatics and its applications*, 2017, vol. 11, no. 3, pp. 42–50. (in Russ.)
7. Konev K.A. [Decision-making based on the ontological model of an academic discipline]. *Informatization of education and science*, 2020, no. 4 (48), pp. 124–134. (in Russ.)
8. Kosheleva N.N. [Correlation analysis and its application for calculating Spearman's rank correlation]. *Actual problems of the humanities and natural sciences*, 2012, no. 5, pp. 23–26. (in Russ.)
9. Kulikov G.G., Sapozhnikov A.Yu., Kuznetsov A.A., Mavrina A.S. Design Methodology System Models of Workflows Using Subject-Oriented Metalanguages. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*, 2020, vol. 20, no. 2, pp. 45–55. (in Russ.) DOI: 10.14529/ctcr200205
10. Minchichova V. [Russia in Industry 4.0]. *Young Scientist*, 2020, no. 24 (314), pp. 196–198. (in Russ.)
11. Orlov A.I. *Prikladnaya statistika: uchebnik* [Applied statistics. Textbook]. Moscow, Ekzamen Publ., 2004. 656 p.
12. Kulikov G.G., Sapozhnikov A.Yu., Kuznetsov A.A. [Approach to the application of the concept of digital twins for the transformation of a corporate information system to the requirements of INDUSTRY 4.0 (on the basis of the creation of the union information space “university – enterprise”)]. *Bulletin of USATU*, 2019, vol. 23, no. 4 (86), pp. 154–160. (in Russ.)
13. Rechkalov A.V., Kulikov G.G., Antonov V.V., Artyukhov A.V. [Development of a formal model of the production process for organizing project and production management using intellectual KIS]. *Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Electrical engineering, information technology, control systems*, 2014, no. 11, pp. 34–54. (in Russ.)
14. Sandermoen S. *Organizatsionnaya struktura* [Organizational structure]. Moscow, Alpina Digital Publ., 2019. 123 p.
15. Antonov V.V., Konev K.A., Suvorova V.A., Kulikov G.G. Situation and Ontological Decision-Making Methodology on the Example of Business Processes of an Aircraft Enterprise. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*, 2021, vol. 21, no. 1, pp. 102–115. (in Russ.) DOI: 10.14529/ctcr210110
16. Skvortsov A.K. [At the origins of taxonomy. To the 300th anniversary of Karl Linnaeus]. *Nature: journal*, 2007, no. 4, pp. 3–10. (in Russ.)
17. Sokolov G.A. *Vvedeniye v regressionnyy analiz i planirovaniye regressionnykh eksperimentov v ekonomike*. [Introduction to regression analysis and planning of regression experiments in economics]. Moscow, INFRA-M Publ., 2017. 109 p.
18. Chernyak V.Z. *Metody prinyatiya upravlencheskikh resheniy: ucheb.* [Methods for making managerial decisions. Textbook]. Moscow, Academia Publ., 2019. 296 p.
19. Abramsky S., Tzevelekos N. Introduction to Categories and Categorical Logic. *New Structures for Physics, Part of the Lecture Notes in Physics book series* (LNP, vol. 813), 2011, pp. 3–94.
20. Brockmann E.N., Anthony W.P. Tacit knowledge and strategic decision making. *Group & Organization Management*, 2016, vol. 27 (4), pp. 436–455.
21. Duan Y., Edwards J.S., Dwivedi, Y.K. Artificial intelligence for decision making in the era of Big Data – evolution, challenges and research agenda. *International Journal of Information Management*, 2019, vol. 48, pp. 63–71.
22. Tariq Ahmad, Rafi Khan. [Intelligent Decision Support Systems - A Framework]. *Information and Knowledge Management (Online)*, 2012, vol. 2, no. 6, pp. 12–19.

Received 24 June 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Антонов, В.В. Трансформация модели системы поддержки принятия решений для типовых ситуаций с применением интеллектуальных и аналитических методов / В.В. Антонов, К.А. Конев, Г.Г. Куликов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2021. – Т. 21, № 3. – С. 14–25. DOI: 10.14529/ctcr210302

FOR CITATION

Antonov V.V., Konev K.A., Kulikov G.G. Transformation of the Decision Support System Model for Standard Situations Using Intellectual and Analytical Methods. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*, 2021, vol. 21, no. 3, pp. 14–25. (in Russ.) DOI: 10.14529/ctcr210302