

Ганичева Антонина Валериановна

Тверская государственная сельскохозяйственная академия

Ганичев Алексей Валерианович

Тверской государственный технический университет

Цифровая технология принятия управленческих решений в информационных условиях риска и неопределенности

Аннотация. В статье разработана новая технология принятия решений в информационных условиях риска и неопределенности. Отличительной особенностью этого метода является обеспечение возможности эффективной работы лица, принимающего решение (оператора). Для этого строится матрица решений, в которой каждый элемент количественно характеризует полезность того или иного варианта решения в зависимости от множества вариантов внешних условий и предпочтений оператора. Структура информационной модели представляет собой специфический граф, однозначно соответствующий матрице принятия решений. На основе данной технологии могут приниматься решения на основе критериев Вальда, Сэвиджа, Гурвица. Разработанная новая цифровая технология может найти применение для принятия управленческих решений в сфере экономики, финансов, в системах управления предприятиями агропромышленного комплекса, образовательных организациях и других системах организационного управления.

Ключевые слова: матрица решений, критерий, граф, модель, стратегия, игрок.

Ganicheva Antonina Valerianovna

Tver State Agricultural Academy

Ganichev Aleksey Valerianovitch

Tver State Technical University

Digital technology of making management decisions in information conditions of risk and uncertainty

Abstract. The article develops a new technology for decision-making in information conditions of risk and uncertainty. A distinctive feature of this method is to ensure the ability of the decision maker (operator) to work effectively. For this purpose, a decision matrix is constructed in which each element quantitatively characterizes the usefulness of a particular solution option depending on a variety of external conditions and operator preferences. The structure of the information model is a specific graph that uniquely corresponds to the decision-making matrix. Based on this technology, decisions can be made based on the Wald, Savage, and Hurwitz criteria. The developed new digital technology can be used to make management decisions in the field of economics, finance, in the management systems of agro-industrial complex enterprises, educational organizations, and other organizational management systems.

Keywords: decision matrix, criterion, graph, model, strategy, player.

Введение

Принятие решений является, как известно, одним из важнейших атрибутов целенаправленного поведения человека в самых различных сферах его деятельности, в том числе экономической, сельскохозяйственной, производственной, военной, учебной и т.д. При этом чаще всего приходится иметь дело с неполной, недостаточно достоверной и даже

искаженной (например, различного рода ошибками) информацией, используемой для принятия решений.

Низкое или недостаточное (дефективное) качество исходной информации зачастую приводит к тому, что ожидаемый результат не является, как правило, детерминированным и однозначным, а иногда может быть вообще неожиданным или незапланированным.

В теории принятия решений используется следующая классификация информационных условий:

1) в тех случаях, когда выбранному варианту решения соответствует некоторое множество возможных случайных исходов (результатов) с известным законом распределения вероятностей их появления на этом множестве, имеют место информационные условия риска;

2) если же этот закон (или хотя бы его основные характеристики) неизвестен или не существует (например, по причине неслучайного множества исходов), то говорят об информационных условиях неопределенности;

3) при однозначном соответствии варианта решения и возможного (ожидаемого или запланированного) исхода имеют место информационные условия определенности, т.е. в этом случае множество исходов сводится к одному детерминированному элементу.

Для анализа ситуации и принятия обоснованных решений применяются системы поддержки принятия решений (СПРР) [3], которые используют различные информационные технологии. Выбор технологии управленческих решений определяется совокупным влиянием различных факторов [9]. СПРР являются основой развития и цифровой трансформации бизнеса [6]. Большое значение имеет информационное обеспечение систем поддержки принятия решений в сельском хозяйстве [2], где часто осуществляется производство продукции в условиях риска и воздействия множества непредсказуемых и трудно учитываемых факторов.

В условиях развития цифровой экономики особую важность и актуальность приобретают проблемы внедрения новых цифровых технологий в сферу принятия управленческих решений [8]. Как отмечается в работе [1], использование цифровых технологий в управлении особенно полезно потому, что здесь присутствуют трудно формализуемые задачи, неопределенность в их постановке и возникает необходимость быстрого принятия управленческих решений [7].

Целью данной статьи является разработка новой цифровой технология принятия управленческих решений в информационных условиях риска и неопределенности, основанной на знаниях и умениях человека-оператора, которого со временем заменят интеллектуальные агенты.

Методы и материалы

Формализация задачи принятия решений в условиях риска и неопределенности (что и является предметом рассмотрения в данном исследовании) сводится в конечном счете к построению матрицы решений (C_{ij}) , где каждый элемент C_{ij} количественно характеризует полезность того или иного варианта решения $x_1, x_2, \dots, x_m$ из некоторого множества (конечного) X в зависимости от множества $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ вариантов внешних условий (так называемых «состояний природы») для класса игр с природой или стратегий другого игрока для класса стратегических игр.

Матрица решений приведена ниже:

X / Y	y_1	y_2	$\dots$	y_n	$\dots$	y_m
x_1	C_{11}	C_{12}	$\dots$	C_{1i}	$\dots$	C_{1n}
x_2	C_{21}	C_{22}	$\dots$	C_{2i}	$\dots$	C_{2n}
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\dots$	$\vdots$	$\dots$	$\vdots$

x_i	C_{i1}	C_{i2}	$\dots$	C_{ij}	$\dots$	C_{in}
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\dots$	$\vdots$	$\dots$	$\vdots$
x_{m-1}	$C_{m-1,1}$	$C_{m-1,2}$	$\dots$	$C_{m-1,j}$	$\dots$	$C_{m-1,n}$
x_m	C_{m1}	C_{m2}	$\dots$	C_{mj}	$\dots$	C_{mn}

В научной литературе [4] изложены строгие математические методы определения оптимальных решений (стратегий) по данной матрице. Однако они не исключают человека-оператора (назовем так лиц, принимающих решения) из самого процесса принятия решений не только на ранних стадиях анализа характера информационных условий и формирования матриц (C_{ij}), но и на конечных этапах непосредственного выбора оптимальных решений,

где его роль так же весьма значима: это и установление степени риска, и выбор самих критериев принятия решения, наиболее адаптивных по отношению к складывающимся ситуациям, и, наконец, оценка приемлемости обчисленных компьютерной программой наилучших (в формализованном смысле) решений, с которыми человек-оператор в праве не согласиться, исходя из логики и эвристического мышления.

В то же время существующие методы не предусматривают никаких специальных мер по обеспечению такого рода деятельности человека-оператора, к тому же нередко при остром дефиците располагаемого времени. Поэтому авторами разработана новая информационная технология процесса принятия решений в условиях риска и неопределенности, обеспечивающая возможность эффективного участия в нем человека-оператора при жестком лимите времени [5].

Граф принятия решений изображен на рис. 1. Данная информационная модель задачи принятия решений формируется на экране дисплея (или другого индикаторного устройства, сопряженного с компьютером).

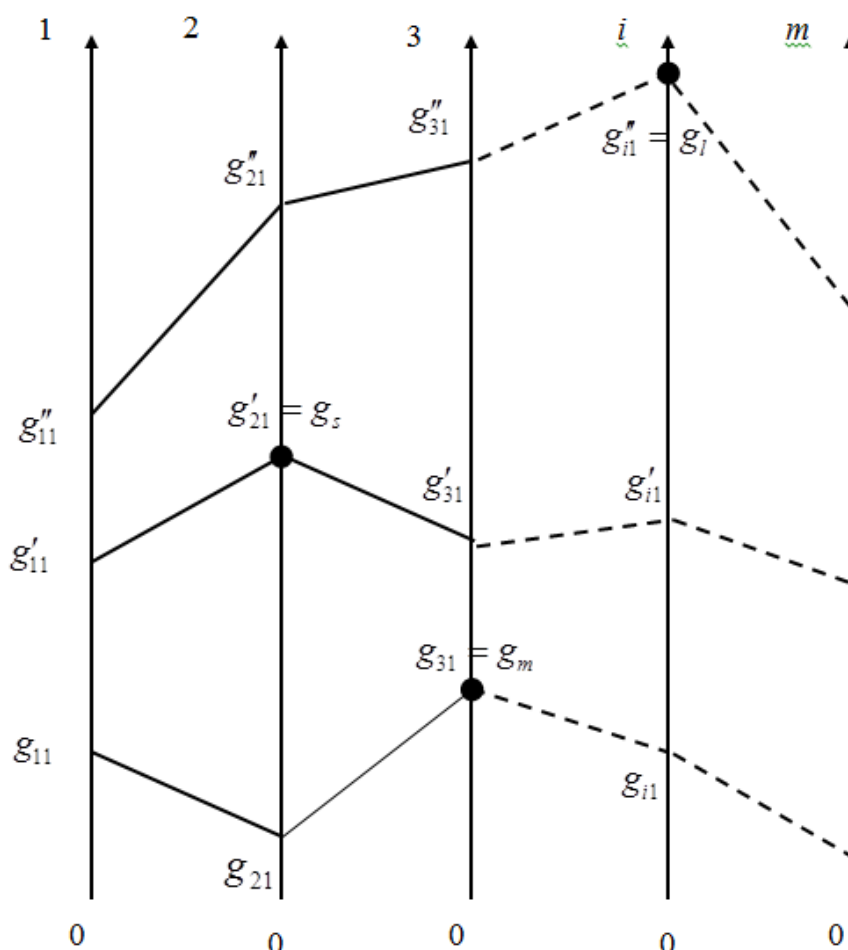


Рис. 1 - Граф принятия решений

Структура модели представляет собой специфический граф G (имеющий не одну, а некоторое множество вершин), однозначно соответствующий матрице решений $C = (c_{ij})$

. Это означает, что каждой i -й строке соответствует своя координатная ось (ветвь) графа с началом отсчета (вершиной) в точке O . В качестве координаты по оси откладываются в определенном масштабе величины полезностей c_{ij} , которые считаются всегда положительными, что нетрудно обеспечить соответствующим преобразованием матрицы C , если в ней содержатся отрицательные элементы. Таким образом, каждой точке на осях (ветвях) графа G соответствует вполне определенный элемент матрицы C .

Одним из наиболее часто употребляемых классических критериев принятия решений в условиях неопределенности является, как известно, минимаксный (максиминный) критерий. Несомненное достоинство этого критерия заключается в том, что он обеспечивает достижение гарантированного результата при любых состояниях «природы» или стратегиях другого игрока, т.е. лицо, принимающее решение, гарантирует себе получение выигрыша (полезности), не худшего, чем $M_m = \max_j \min_i c_{ij}$. На графе ему

соответствует точка g_m , которая легко определяется (человеком-оператором) как самая верхняя из множества самых нижних точек на осях графа.

При использовании критерия Сэвиджа происходит трансформация матрицы путем замены ее элементов на другие, а именно на $a_{ij} = \max_i c_{ij} - c_{ij}$, после чего формируется оценочная функция

$$M_s = \min_i [\max_j (\max_i c_{ij} - c_{ij})],$$

а затем на графе G определяется точка g_s (по $\min_i a_{ij}$) и, следовательно, вариант оптимального (в смысле этого критерия) решения.

Аналогичным образом могут быть интерпретированы на графе и другие возможные критерии принятия решений в условиях неопределенности (критерий Гурвица, критерий азартного игрока и др.). Как уже отмечалось, выбор критерия осуществляется чаще всего человеком-оператором в зависимости от оценки складывающейся ситуации и анализа характера информационных условий.

Представляет интерес рассмотрение возможности использования в графоаналитическом методе критерия Гурвица, отражающего некоторую более уравновешенную позицию лица, принимающего решения, по сравнению с полярными критериями крайнего оптимизма и пессимизма. Этот критерий позволяет лицу, принимающему решения в условиях неопределенности, как бы варьировать степень «риска» при отступлении от принципа достижения гарантированного результата в надежде получить себе больший минимаксный выигрыш. Матрица решений при этом трансформируется в соответствии с выражением

$$b_{ij} = r \min_j c_{ij} + (1 - r) \max_j c_{ij},$$

где r - коэффициент, принимающий значения в интервале $[0, 1]$ и характеризующий степень риска при принятия решений.

Оценочная функция имеет вид

$$M_H = \max_i [r \min_j c_{ij} + (1 - r) \max_j c_{ij}].$$

Оптимальное решение (стратегия) определяется по положению точки $g_H = \max_i b_{ij}$ на соответствующей оси (ветви) графа G . Точка характеризует и величину выигрыша (полезности).

Меняя значения коэффициента r в пределах от 0 до 1, принимающий решение переходит от принципа крайнего оптимизма (критерия азартного игрока) к позиции осторожного оптимизма, т.е. к применению минимаксного критерия, дающего гарантированный результат. Происходит своеобразная игра человека-оператора с компьютером, позволяющая оценить последствия вводимого риска и выбрать самое подходящее для данной задачи (ситуации) его значение, например, в некотором смысле наиболее уравновешенное.

Для информационных условий риска, в отличие от рассмотренных выше условий неопределенности, как правило, руководствуется вероятностными критериями Байеса – Лапласа, Ходжа – Лемана, Гермейера, расширенного минимакса и др. Для всех перечисленных критериев характерно знание закона распределения вероятностей на множествах состояний «природы» (внешних условий) или стратегий другого игрока, если все элементы этих множеств суть некоторые случайные величины (события).

Для примера рассмотрим критерий Байеса – Лапласа, оценочная функция для которого имеет вид $M_{BL} = \max_i \sum_{j=1}^n c_{ij} p_j$, где p_j – вероятность появления j -го состояния

«природы» ($y_j \in Y$), причем $\sum_{j=1}^n p_j = 1$.

Матрица решений в этом случае дополняется еще одним столбцом с математическими ожиданиями $\sum_{j=1}^n c_{ij} p_j$ для каждой из строк.

На графе G данному столбцу будет соответствовать некоторая ломаная линия, соединяющая точки на осях с координатами, равными этим значениям математических ожиданий. Точка g_i характеризует оптимальное решение (соответствующую ось графа) и величину среднего ожидаемого выигрыша (при достаточно большом числе реализаций этого решения).

Нетрудно убедиться, что графоаналитический метод позволяет без всяких затруднений, используя свойство наглядности информационной модели, выявлять доминантные варианты решений $x_i \in X$, для которых выполняется условие $C_{ij} \geq C_{ij}$ для всех $j = 1, 2, \dots, n$ и $C_{ij} > C_{ij}$ хотя бы для одного j .

При наличии таких доминантных вариантов решений, они, очевидно, и выбираются в качестве оптимальных.

При отсутствии строго доминирования руководствуются и другими правилами выбора наилучших решений, не обязательно следуя при этом формализованным критериям. Например, можно отыскивать так называемые «квазидоминантные» варианты решений, для которых допускается выполнение неравенства:

$C_{ij} \geq C_{ij}$ для отдельных i , но для всех остальных j

$C_{ij} \gg C_{ij}$ (« $\gg$ » означает отношение «много больше»).

Результаты и обсуждение

На рис. 2. представлена блок-схема информационной технологии для одношаговых процедур применительно к классу игр «с природой».

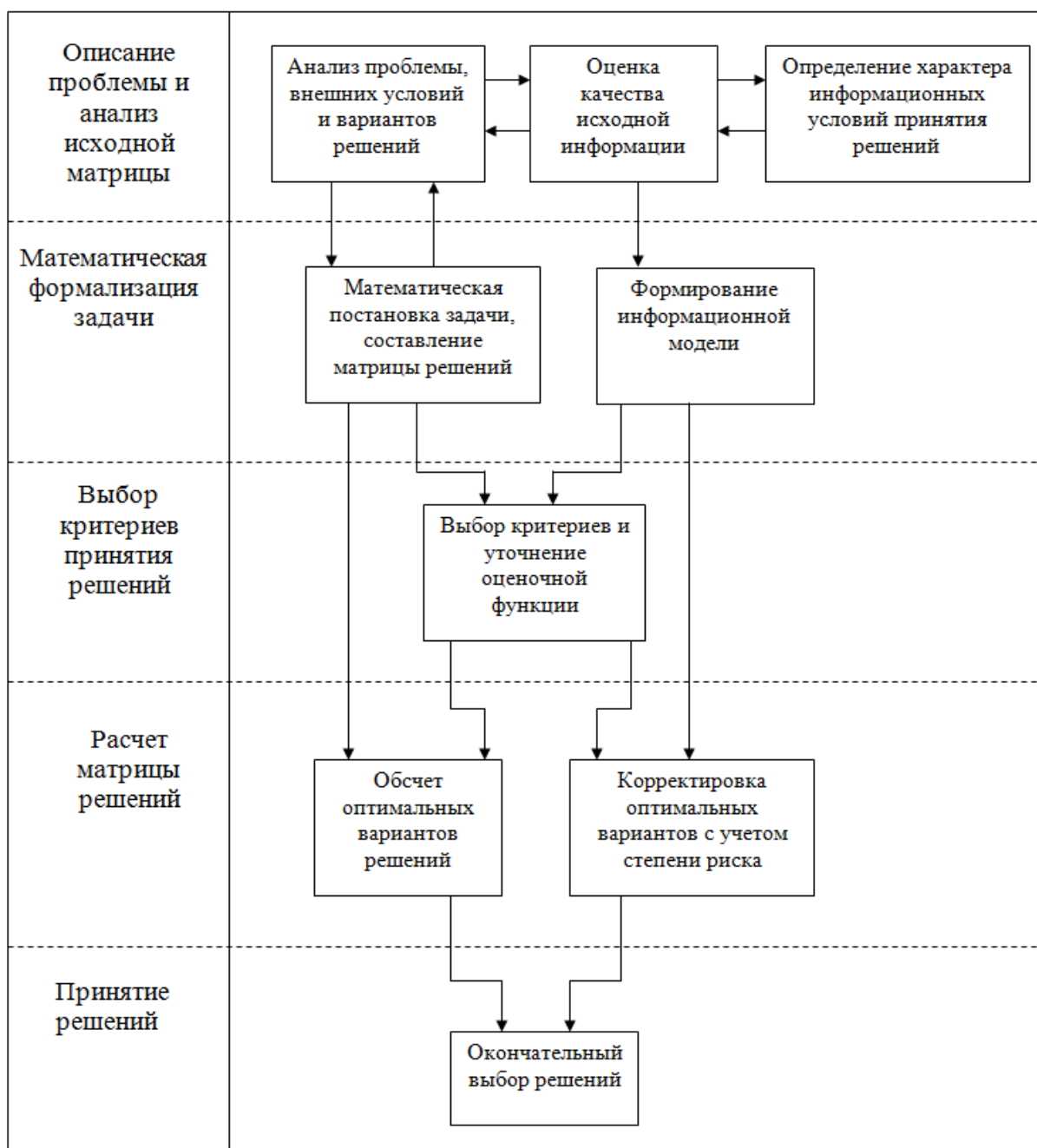


Рис. 2 - Схема информационной технологии

Что касается стратегических игр, то в данной статье рассмотрена лишь в общих чертах принципиальная возможность исследования этого подхода, однако, детальное исследование вопроса выходит за его рамки.

Проведенные исследования по использованию графоаналитического метода принятия решений (главным образом технических) в информационных условиях риска и неопределенности показали, что этот метод обеспечивает существенное повышение эффективности принимаемых решений по сравнению с существующими методами (выигрыш может составить 20–25 % и более) при значительном (в несколько раз) сокращении времени затрат человека-оператора, что дает последнему возможность принимать решения даже в реальном масштабе времени (при размерах исходной матрицы S по строкам и столбцам 15×15).

При использовании графоаналитического метода допускается определенная творческая свобода выбора наилучших решений (пусть и не строго оптимальных в смысле какого-то одного формализованного критерия) в условиях риска и неопределенности.

Рассмотренная информационная технология в целом применима как для одношаговых, так и для многошаговых процедур принятия решений.

Заключение. Выводы: 1) формализация задачи принятия решений в условиях риска и неопределенности заключается в построении матрицы решений, в которой каждый элемент количественно характеризует полезность того или иного варианта решения в зависимости от множества вариантов внешних условий;

2) структура модели представляет собой специфический граф, однозначно соответствующий матрице;

3) разработанный метод обеспечивает существенное повышение эффективности принимаемых решений при значительном сокращении времени затрат человека-оператора, что дает последнему возможность принимать решения даже в реальном масштабе времени.

Рассмотренная информационная технология графоаналитического метода принятия решений может найти достаточно широкое применение в самых различных областях человеческой деятельности, где требуется принимать обоснованные решения в информационных условиях риска и неопределенности, например, в инженерном деле, в технике, в экономике, в обучении и подготовке специалистов, при проведении экспертных оценок и т.п. Достоинством этой информационной технологии является также сравнительная простота ее технической реализации (требуемый объем программного обеспечения не превышает 15–20 % объема для существующих методов принятия решений).

Современные цифровые технологии - мощный инструмент для решения аналитических задач, он эффективен в руках опытного и грамотного управленческого работника [10].

Список источников

1. Божко Л.М. Цифровые технологии при разработке решений в управлении изменениями // Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством. - 2023. - № 2 (56). - С. 30-35.
2. Борозенец В.Н. Цысарь А.В. Информационное обеспечение систем поддержки принятия решений в сельском хозяйстве // Международный бухгалтерский учёт. - 2013. - Т. 16. - № 4. - С. 53-60.
3. Бурков В.Н., Буркова И.В., Баркалов С.А. Цифровые технологии в принятии управленческих решений // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. - 2018. - Т. 15. - № 4. - С. 5-10.
4. Ганичева А.В. Ганичев А.В. Методы и модели принятия оптимальных решений. Тверь: Тверская ГСХА, 2020. - 119 с.
5. Ганичева А.В., Ганичев А.В. Методы и модели решения задач принятия решений, оптимизации и распределения ресурсов: монография. Тверь: Тверской государственный технический университет, 2024. - 164 с.
6. Звягин Л.С. Системы поддержки принятия решений как основа развития и цифровой трансформации малого и среднего бизнеса // Экономика и управление: проблемы, решения. - 2024. - Т. 3. - № 1 (142). - С. 132-141.
7. Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений. М.: Мир, 1990. - 208 с.
8. Петренко Д.С., Шайлиева М.М. Роль инновационных технологий в оптимизации процессов принятия решений и управления в крупных организациях // Экономика: вчера, сегодня, завтра. - 2024. - Том 14. - № 6А. - С. 446-454. DOI: 10.34670/AR.2024.74.81.046.
9. Соборнов В.О. Технология разработки решений в системе управления организацией // Вектор экономики. - 2024. - № 3 (93).
10. Юсупова С.М. Процесс принятия управленческих решений в организации в условиях развития цифровой экономики // Гуманитарный научный журнал. - 2023. - № 3-1. - С. 28-37.

Сведения об авторах

Ганичева Антонина Валериановна, канд. физ. мат. наук, доцент, профессор кафедры физико-математических дисциплин и информационных технологий ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия», Тверь Россия.

Ганичев Алексей Валерианович, старший преподаватель кафедры информатики и прикладной математики ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь Россия.

Information about the author

Ganicheva Antonina Valerianovna, PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor, Professor of the Department of Physics and Mathematics and Information Technology, Tver State Agricultural Academy, Tver, Russia.

Ganichev Aleksey Valerianovitch, Senior Lecturer of the Department of Informatics and Applied Mathematics, Tver State Technical University, Tver, Russia.