***Титов А.В.***

к.т.н., доцент МИИТ, МГТУ

***Титов И.А.***

аспирант МИСиС

**Система оценки уровня инновационного развития региона на основе использования эвристик и нечетких мер сходства**

Особенностью предлагаемого подхода является сочетание в нем ситуационного подхода к принятию решений, эвристических методов и алгоритмов на основе использования теории нечетких множеств.

Принятие решений является одним из основных составляющих любого управленческого процесса.

Процесс принятия решений при кажущейся простоте - очень непрост. В нем достаточно много тонкостей и подводных рифов, хорошо знакомых профессиональным менеджерам.

Тем не менее, имеется нечто общее, характерное для любого процесса принятия решений, где бы он не осуществлялся. Это тот единый стержень, который формирует технологию разработки и принятия решений, используемую в любой организации. На этом общем строится теория принятия решений.

Одной из отличительных черт теории принятия решений является наличие в ней методов, позволяющих обрабатывать как количественную, так и качественную (неколичественную) информацию.

В ряде случаев в процессе принятия решений необходимо прибегать к использованию методов экспертного оценивания и нечеткой логики, предназначенных как для работы с количественной, так и с качественной информацией.

Основное назначение экспертных технологий - повышение профессионализма, а, следовательно, эффективности принимаемых управленческих решений.

Проблемам, связанным с принятием управленческих решений, сегодня посвящена обширная литература. Здесь мы обсудим основные этапы процесса выработки и принятия управленческих решений, используемые при управлении любой организацией.

Возможны разные способы представления процесса принятия решений, в основе которых различные подходы к управлению: системный, количественный, **ситуационный** и т.д.

Как отмечает ряд авторитетных в теории управления авторов[[1]](#footnote-1), ситуационный подход наиболее полно отражает проблемы, возникающие при управленческой деятельности, универсален и, по существу, содержит основные методы, связанные с принятием управленческих решений, содержащиеся в других подходах.

Подготовка решений осуществляется на основании всей совокупности информации о ситуации, ее тщательного анализа и оценок.

Реализация ситуационного подхода при принятии управленческого решения требует решения следующих задач:

* получение и анализ информации о возможных состояниях объекта управления;
* выделение семейства свойств объекта управления, определяющих его состояние и влияющих на принятие управленческого решения;
* преобразование семейства свойств объекта управления в систему параметров (показателей и критериев) оценки состояния объекта управления;
* описание “иерархии” параметров объекта управления;
* формирование системы мер, в которых оцениваются значения показателей и критериев оценки состояния объекта управления;
* шкалирование системы мер введением на ней системы отношений;
* разработка методов и процедур формирования массивов эталонных состояний объекта управления;
* установление метрик и определение мер сходства на пространстве признаков состояния объекта управления (показателей и критериев), по которым будет определяться близость состояние объекта управления к эталонным состояниям;
* разработка методов и процедур формирования массивов управленческих решений;
* формализация процесса сопоставления управленческих решений эталонным состояниям объекта управления, т.е. представление его в виде оператора определенного типа;
* формирование формализованного описания технологии принятия управленческого решения на основе оценки состояния объекта управления;
* повтор всей цепи процедур, если это необходимо.

Решение перечисленных задач требует проведения перечисленных ниже процедур[[2]](#footnote-2):

1. Исходя из анализа цели управления, выделяется множество признаков или параметров, которыми определяется уровень инновационного развития региона.

2. По каждому из выделенных признаков определяется соответствующий ему показатель, например, со значениями: α1=«высокий», α2=«удовлетворительный», α3= «критический» и т.д.

3.Показатели инновационного развития α1, α2, α3,…. αn, вместе с семействами их значений образуют многомерное пространство. При оценке такой сложной категории как «инновационное развитие региона» пространство признаков имеет иерархический характер. Формирование иерархии начинается с разбиения системы показателей инновационного развития на группы однородных показателей. Такая группа называется *критерием*. Т.о. все показатели делятся на два класса - показатели и критерии. Показателям всех уровней иерархии ставятся в соответствие базовые шкалы {X,Y,...Z}, которые образуют базу многомерного пространства показателей инновационного развития, каждая точка которого (*x*0,y0,...,z0) характеризует конкретный уровень инновационного развития региона.

4. Определяется необходимое для эффективного управления количество уровней инновационного развития региона.

5. Пространство показателей инновационного развития разбивается на эталонные классы, в общем случае являющиеся нечеткими. С каждым из этих классов связывается определенный уровень инновационного развития, например, ω1=«высокий», ω2=«удовлетворительный» и т.д.

6. Формируется качественная структура модели уровней инновационного развития, например, в виде решающей таблицы. В каждой строке, в первых n столбцах таблицы содержится один из возможных наборов значений параметров инновационного развития, в последнем столбце проставляется соответствующий набору уровень инновационного развития.

7.Оцениваются значения всех параметров ситуации управления, набор которых (*x*0,y0,...,z0) определяет ее положение в пространстве параметров инновационного развития.

Находится в некотором, заранее определенном смысле, ближайший к точке (*x*0,y0,...,z0) эталонный класс, по которому определяется уровень инновационного развития. Выполнение этого этапа требует задания на пространстве параметров инновационного развития метрики или мер близости, через которые и определяется «ближайший» эталонный класс.

8. В соответствии с результатом и «конфигурацией» значений параметров безопасности принимается решение.

Изложенный порядок принятия управленческого решения можно представить в виде блок-схемы[[3]](#footnote-3).

# 

1.Формирование системы оценки уровня инновационного развития (1-4)

3.Блок формирования пары эталон-управленческое решение (5-6).

2.Блок оценки ситуации управления. (7)

5.Блок оценки результата управления. (9)

4.Блок принятия управленческого решения ЛПР.(8)

# Рис.1. Ситуационная схема принятия управленческого решения.

Анализ характера задач, которые необходимо решить при принятии управленческого решения показывает, что:

* а) Этапы 1, 2, 3, 4, 6, 7 –в общем случае подразумевают привлечение экспертов.
* б) Этапы 4, 5, **7,** 8. – допускают различные варианты моделирования с привлечением различного формального аппарата.

Из приведенного можно сделать заключение, что формализация основных этапов технологии принятия решений требует развития теории принятия решений, включающей декомпозицию методов описания по типам объектов управления и этапам технологии принятия решения.

Решение задачи управления инновационным развитием региона связано с привлечением методов теории экспертного оценивания.

Одной из важных характеристик инновационного развития служит инновационный потенциал региона.

Создание системы оценки инновационного потенциала региона требует определения понятия инновационного потенциала как системы параметров, характеризующих его в максимально возможной полноте.

***Содержание элементов системы оценки уровня инновационного развития региона***

1. ***Определение состава и подготовка информации о факторах, влияющих на уровень инновационного развития региона***

Получаемая информация о состоянии уровня инновационного развития региона, его предполагаемой зависимости от тех или иных факторов должна быть достоверной и достаточно полной. Недостоверная либо недостаточно полная информация может приводить к принятию ошибочных и неэффективных решений. Однако избыточность информации о состоянииинновационного развития региона влечет так же трудности при принятии решений, поскольку возникает проблема отбора информации, действительно представляющей интерес и важной для своевременного принятия эффективного управленческого решения.

Большое значение имеет определение системы целей, достижение которых может положительно повлиять на улучшение параметров инновационного развития региона. Только после их определения можно осуществлять определение факторов, механизмов, закономерностей, ресурсов, влияющих на состояние инновационного развития региона. Важно так же правильно определить приоритетность выбранных целей потому, что при реальном управлении в целях рационального распределения имеющихся ресурсов, которые, как правило, ограничены, приходится осуществлять выбор. В настоящее время разработаны методы построения результирующих деревьев целей и деревьев критериев, получаемых в результате коллективной экспертизы для тех случаев, когда точки зрения специалистов, формирующих цели организации, могут различаться.

***2. Формирование экспертных групп по определению системы критериев оценки инновационного развития***

Основные требования к экспертам, входящим в состав экспертной группы по определению критериев, по которым оценивается уровень инновационного развития региона, сводятся к следующему[[4]](#footnote-4).

2.1. Для участия в экспертизе по формированию списка критериев должны привлекаться специалисты высокой квалификации, профессионально знакомые с объектом экспертизы, имеющие достаточный опыт работы в качестве экспертов.

2.2. Эксперты должны четко представлять цели и задачи экспертизы и, прежде всего, четко понимать объект оценки, его назначение в системе, специфику. Качество результатов экспертизы не должно быть снижено за счет неточного, а возможно и неодинакового представления экспертами объекта оценки.

2.3. К моменту проведения экспертизы по формированию списка критериев организаторы экспертизы (аналитическая группа) должны представить сценарий получения и использования результатов оценки объектов экспертизы. Это способствует более четкому пониманию целей и задач экспертизы как экспертами, так и разработчиками и пользователями разрабатываемой системы оценок.

2.4. Экспертиза по формированию списка критериев должна быть организована таким образом, чтобы каждый эксперт наиболее полно реализовал собственное представление о рациональной системе оценок объекта оценки.

2.5. Как правило, экспертизы по формированию списка критериев являются многоуровневыми и носят итеративный характер.

2.6. В процессе организации экспертиз по формированию списка критериев происходит как непосредственное пополнение и видоизменение списка критериев, так и анализ получаемых в ходе экспертизы экспертных оценок.

2.7. Для анализа результатов очередного тура экспертизы по формированию списка критериев оценки уровня инновационного развития региона используются, как правило, критерии согласованности и существенности. Согласованность позволяет оценить как попарную близость экспертных суждений с последующей классификацией групп экспертов-единомышленников, имеющих близкие суждения, так и согласованность экспертной комиссии в целом. Существенность позволяет определить сравнительную значимость критериев с точки зрения экспертной комиссии с целью сохранения в списке критериев наиболее значимых.

2.8. Экспертиза по формированию списка критериев завершается после стабилизации процесса, когда список критериев от итерации к итерации практически не пополняется и не сокращается (все оставшиеся критерии достаточно существенны).

2.9. После того как список критериев сформулирован для формирования оценочной системы, необходимо провести анализ критериев на независимость, сопоставимость, иерархическую упорядоченность. Устанавливаются значения весовых коэффициентов, соответствующие сравнительной значимости критериев.

***3. Формирование предварительного списка показателей, влияющих на уровень инновационного развития региона***

На этом этапе эксперты дают предложения по составусистемы показателей уровня инновационного развития региона. Показатель считается отобранным для использования в качестве оценочного, если за него проголосовало не менее двух третей от общего количества экспертов, участвующих в процедуре нормирования списков показателей оценки уровня инновационного развития региона. Может оказаться, что мнения экспертов при формирования дерева показателей оценки уровня инновационного развития региона не согласованы, в этом случае после анализа причин низкой согласованности мнений экспертов происходит возврат на этап 1, если причиной несогласованности признан низкий уровень подготовки информации, либо на этап 2, если причина рассогласованности лежит в составе экспертной группы.

***4. Получение результирующего дерева показателей***

После того как получен окончательный вариант дерева системы показателей инновационного развития региона,показатели разбиваются на группы однородных показателей, которые объединяются в критерий оценки уровня инновационного развитиярегиона*,* группы однородных критериев могут объединяться в критерий более высокого уровня и т.д. Напротив, если какой-либо из первоначально отобранных показателей, по мнению экспертов, является композитом других показателей (формально это записывается как конъюнкция показателей, которыми описан данный показатель F: F=F1∧F2∧…∧Fk), т.е. не является «атомарным», то он становится критерием. В результате формируется результирующее дерево показателей уровня инновационного развития региона.

***5. Ранжирование показателей по степени значимости***

При оценке состояния инновационного развития региона по сформированной системе показателей каждый из них имеет свою значимость, свою степень влияния на результат оценки. Однако непосредственное фиксирование значимости показателей оценки в виде весов не представляется возможным. По этой причине «взвешивание» показателей оценки проходит в два (или более) этапа. На первом этапе оцениваются значения важности или ранги показателей.

***6. Нахождение весов показателей оценки***

Веса показателей и критериев определяются нормированием оценки его «важности», полученной на предыдущем этапе путем деления ее на сумму значимостей всех показателей, входящих в одну группу однородности с тем, вес которого определяется.

***7. Определение порогов для наиболее важных показателей***

Порогом называют такое значение показателя, снижение которого приводит к последствиям, позволяющим оценивать ситуацию в регионе как крайне неблагоприятную в целом.

***8. Корректировка оценочной системы***

После проведения оценки уровня инновационного развития региона по выбранным показателям оценки, составляющим оценочную систему, может оказаться, что учтены не все факторы, что снижает ценность оценки. В этом случае система корректируется.

***Формирование экспертных групп по определению системы критериев оценки уровня инновационного развития региона***

При проведении оценки уровня инновационного развития региона необходим мониторинг большого числа разнородных параметров, которые отражают состояние различных сторон инновационной деятельности. Это требует привлечения групп экспертов- специалистов в различных областях науки и техники. В этих условиях практически невозможно добиться от экспертов согласованности мнений по всей системе показателей инновационного развития региона.

В этом случае целесообразно использовать в сочетании с ситуационным подходом эвристические процедуры оценки.

Формирование каждой группы экспертов, целесообразно проводить методом взаимной оценки. Сущность данного метода заключается в предоставлении каждому из экспертов возможности выбора некоторого числа экспертов.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| «Эксперты» | «Кандидаты» | | | | | | | | | | Сума балов | Ранг |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 |  |  | 1 |  |  | 1 |  |  |  |  | 2 | 6 |
| 2 | 1 |  |  | 1 |  |  |  | 1 |  |  | 3 | 5 |
| 3 |  | 1 |  |  |  | 1 | 1 |  | 1 | 1 | 5 | 3 |
| 4 | 1 | 1 |  |  | 1 |  |  |  | 1 |  | 4 | 4 |
| 5 |  |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  | 1 | 7 |
| 6 |  | 1 | 1 | 1 | 1 |  | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 | 1 |
| 7 | 1 |  |  | 1 |  | 1 |  | 1 | 1 | 1 | 6 | 2 |
| 8 |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  | 1 | 7 |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 1 |  | 1 | 1 | 1 |  | 1 | 8 | 1 |
| 10 |  |  | 1 |  | 1 |  |  |  |  |  | 2 | 6 |

***Рис. 2. Таблица оценки рейтинга экспертов.***

Проведенное ранжирование позволяет достаточно быстро отобрать нужное число наиболее компетентных специалистов, которые примут участие в экспертизе.

***Параметрическая модель уровня безопасности***

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Уровень инновационного развития | **Признак 1** | **Признак 2** | **Признак 3** | ………… | Признак К |
| «Высокий» | **А** | **С** | **А** |  | А |
| **А** | **А** | **А** |  | В |
| **А** | **В** | **А** |  | А |
| «Удовлетворительный» | **В** | **В** | **А** |  | В |
| **А** | **С** | **В** |  | А |
| **А** | **В** | **В** |  | А |
| «Низкий» | **С** | **А** | **С** |  | С |
| **С** | **С** | **С** |  | В |
| **В** | **А** | **С** |  | С |

В предлагаемом алгоритме всем показателям оценки уровня инновационного развития региона придается нечеткий характер. При этом каждый параметр оценки как лингвистическая переменная имеет три нечетких значения отвечающих упорядоченной системе уровней инновационного развития:

А - «высокий», В – «Удовлетворительный», С- «Низкий».

При реализации данного подхода требуется выделение «эталонных» ситуаций, т.е. таких исторических периодов, в отношении которых эксперты согласованно принимают решения об уровне инновационного развития региона. Тогда эталонные ситуации делятся на классы, соответствующие выделенным уровням инновационного развития региона. Составляется таблица, в каждой строке которой выставляется набор нечетких значений лингвистических переменных, соответствующих эталонным ситуациям. Пусть каждая ситуация описывается К параметрами, тогда существует Р(К) подмножеств из К параметров. Среди этих подмножеств «тестами» назовем такие, которые в строках соответствующих разным уровням инновационного развития региона не содержат одинаковых наборов нечетких переменных. Например, в приведенной таблице набор «Признак 1, Признак 2, Признак 3» является тестом. Но набор «Признак 1, Признак 2» тестом не является, т.к. значения этих признаков в третьей и шестой строках совпадают, в то время как эти строки соответствуют разным уровням инновационного развития региона.

Для определения относительной важности признаков при определении по их набору уровня инновационного развития региона проводится следующая процедура.

Важность признака x определяется по формуле:

Wx =Nx/N,

Где – Wx- весовой коэффициент показателя X, Nx – число «тестов» уровня «высокий», в которые вошел показатель x, N – общее число «тестов».

Преимуществом данной процедуры является то, что в ней исключается субъективность экспертного мнения при оценке значимости того или иного признака, по которому определяется уровень инновационного развития региона.

В результате все признаки ранжируются по степени важности, и эксперты имеют возможность сократить число параметров, по которым оценивается уровень инновационного развития региона, и которое изначально могло быть слишком велико.

Далее, оценив текущую ситуацию по системе выделенных признаков, определяют уровень инновационного развития региона, путем определения «ближайшего» эталонного класса. Для этого используется описание ситуации с использованием нечетких множеств и введения меры близости между нечеткими множествами.

В ситуации, когда состояния инновационного развития региона различаются не только по составу признаков, но как в нашем случае по распределению их интенсивностей, класс объектов, обладающих одним и тем же состоянием, есть класс объектов, описываемый семейством {<Gi,Ti,Xi>}.

Здесь <Gi,Ti,Xi>- лингвистическая переменная, которой задается показатель состояния инновационного развития региона Gi, Ti- множество значений лингвистической переменной, т.е. множество нечетких переменных лингвистической переменной Gi, Xi - базовое множество показателя Gi. Каждая нечеткая переменная Tij из семейства Ti ={Ti1, Ti2,…,Tin}, задается как нечеткое множество на базовом множестве Xi. Т.е. Tij=<μTij(x)/x∈Xi>. Состояние инновационного развития региона задается семейством {<Gi,max{Tij},Xi>}, где max{Tij}=Tik, где Tik такое, что μTik= max{μTij(x)}.

При учете интенсивностей свойств возможны два типа неразличимости состояний:

А) «Слабая», при которой состояния неразличимы, если для них одинаковы семейства {<Gi,max{Tij},Xi>}, те они описываются одним и тем же набором нечетких переменных.

Б) «Сильная», при которой совпадают значения функций принадлежности для всех нечетких переменных.

Оценка «близости» или сходства объектов, представленных через описание интенсивностей свойств, сводится к оценке сходства соответствующих нечетких множеств. Такая оценка может проводиться как в абсолютном, так и в относительном смысле. В первом случае объекты (качества) сравниваются как нечеткие множества, базовым множеством, для которых является множество свойств, взятое без каких либо ограничений. При этом, базой сравнения может служить множество свойств, на котором функция принадлежности хотя бы для одного из сравниваемых объектов (качеств) не равна нулю. Во втором случае, как, например, в работе [[5]](#footnote-5), коэффициенты сходства оцениваются по отношению к некоторому эталонному набору свойств - пространству факторов инновационного развития Г.

Первый подход позволяет обходиться без выбора эталона – иногда это удобно, при этом, правда, теряет смысл сравнение качеств по отсутствию свойств.

В обоих подходах за основу оценки мер сходства может быть выбран подход, основанный на построении индексов сравнения нечетких множеств.[[6]](#footnote-6)

1. Гудушаури Г.В., Литвак Б.Г. Управление современным предприятием. - М.: ЭКМОС, 1998. [↑](#footnote-ref-1)
2. Титов А.В. К вопросу о научном обеспечении ситуационного подхода в государственном управлении // Материалы Всероссийской научной конференции «Россия: путь к социальному государству». - М., 2008. [↑](#footnote-ref-2)
3. Титов А.В. О ситуационном подходе к управлению развитием регионов // Региональная экономика: теория и практика. 2008. - № 24. [↑](#footnote-ref-3)
4. Литвак Б.Г. Экспертные технологии и принятие решений. - М.: Патент, 1996. - 271 с. [↑](#footnote-ref-4)
5. Субетто А.И. Метаклассификация как наука о механизмах и закономерностях классифицирования. – Санкт-Петербург; Москва: ИЦ, 1994. – 254 с. [↑](#footnote-ref-5)
6. Там же. [↑](#footnote-ref-6)