НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ

М. Г. Тиндова

В работе построена модель оценки земельных участков на основе нечеткого логического вывода. Данная модель учитывает принцип наилучшего и наиболее эффективного использования. Также в работе рассмотрен пример оценки земельного участка на основе построенной модели.

Определение кадастровой стоимости земли относится к методам массовой оценки и базируется на совмещении результатов анализа рыночной информации о сделках с земельными участками и другими объектами недвижимости с определенными параметрами ценообразующих факторов в границах оцениваемой территории.

Методические рекомендации, разработанные Правительством РФ, для определения кадастровой стоимости земли не учитывают один из основных принципов проведения экономической оценки, а именно, принцип наилучшего и наиболее эффективного использования земельного участка. Поскольку земля является истощаемым, ограниченным природным ресурсом, то вопрос эффективного ее использования является одной из главных управленческих проблем.

Для решения поставленной задачи нами была построена модель оценки земельных участков на основе нечеткого логического вывода, которая, базируясь на общепринятой методике оценивания, была дополнена анализом эффективности использования.

Такой подход позволяет, во-первых, наиболее эффективно определять категорию земель, к которой относится каждый конкретный земельный участок. А во-вторых, учесть в стоимости земли все природно-климатические, экономические и социальные факторы, на нее влияющие.

Все факторы, влияющие на стоимость земли, различаются в зависимости от категории, к которой принадлежит земельный участок. В России принята следующая классификация земель:

1) сельскохозяйственного назначения (земли за чертой поселений, предоставленные для нужд сельского хозяйства);

2) поселений (земли, используемые и предназначенные для застройки и развития городских и сельских поселений и отделенные чертой от земель других категорий);

3) земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны, безопасности и земли иного специального назначения;

4) особо охраняемые территории и объекты (к ним относят особо охраняемые природные территории, в том числе лечебно-оздоровительные местности и курорты; земли природоохранного, рекреационного, историко-культурного назначения);

5) лесного фонда (к ним относят лесные и предназначенные для ведения лесного хозяйства нелесные земли);

6) водного фонда (земли, занятые водными объектами, земли водоохранных зон водных

объектов и выделяемые для установления полос отвода и зон охраны водозаборов и иных водохозяйственных сооружений);

7) запаса (земли, находящиеся в государственной или муниципальной собственности и не предоставленные гражданам и юридическим лицам).

На основе корреляционного анализа нами были выделены факторы, влияющие на стоимость земельных участков (стоимость за 1 га) (табл.)

Для построения модели нечеткого логического вывода вводим следующие лингвистические переменные: L_1 — цена за 1 га; L_2 — категория земель; L_3 — местоположение (природно-климатические зоны); L_4 — размер; L_5 — экология; L_6 — рельеф; L_7 — геология; L_8 — плодородие (бонитет); L_9 — инфраструктура и коммуникации.

Для определения каждой лингвистической переменной необходимо задать [2, 3]: множество значений T (терм-множество); универсальное множество U (область определения лингвистической переменной); синтаксическую процедуру G, позволяющую оперировать элементами терм-множества T, в частности генерировать новые термы (значения); семантическую процедуру M, позволяющую превратить каждое новое значение лингвистической переменной, образуемое процедурой G, в нечеткую переменную, т. е. сформировать соответствующее нечеткое множество. Таким образом, лингвистическая переменная L характеризуется набором $L = (T, U, G, M)$ (рис. 1).

В частности, переменная L_1 характеризуется следующими термами $T_1 = \{$«низкая», «средняя», «высокая»$\}$; определяется на множестве $X_1 = [1, 50]$.

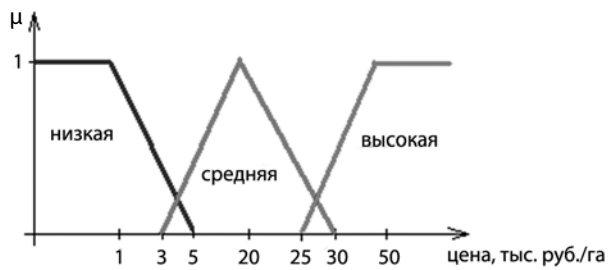


Рис. 1. *Функции принадлежности для термов лингвистической переменной L_1*

Аналитически функции принадлежности термов лингвистической переменной L_1 выражаются следующим образом:

Таблица

Факторы, влияющие на стоимость земельных участков

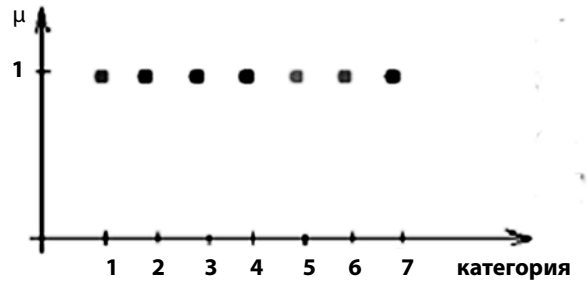
Категория земель	Факторы, влияющие на стоимость
Сельскохозяйственного назначения	местоположение; размер; плодородие; экологическое состояние; рельеф
Поселений	местоположение; размер; геология почв; экологическое состояние; инфраструктура
Земли промышленности и связи	местоположение; размер; геология; инфраструктура; рельеф
Особо охраняемых территорий и объектов	экология; размер; местоположение; эксклюзивность
Лесного фонда	местоположение; размер; экологическое состояние; инфраструктура
Водного фонда	местоположение; размер; биоресурсы; экологическое состояние; инфраструктура
Запаса	местоположение; размер; экологическое состояние

$$\mu_{T1} = \begin{cases} 1, & t \le 1 \\ \dfrac{5-t}{4}, & 1 \le t \le 5; \\ 0, & t \ge 5 \end{cases}$$

$$\mu_{T2} = \begin{cases} 0, & t \le 3 \\ \dfrac{t-3}{17}, & 3 \le t \le 20 \\ 1-\dfrac{t}{10}, & 20 \le t \le 30; \\ 0, & t \ge 30 \end{cases}$$

$$\mu_{T3} = \begin{cases} 0, & t \le 25 \\ \dfrac{t}{25}-1, & 25 \le t \le 50. \\ 1, & t \ge 500 \end{cases}$$

Переменная L_2 определяется семью термами: земля сельскохозяйственного назначения, земля поселений, земля промышленности и связи, земля водного фонда, земля лесного фонда, земля особо охраняемых территорий, земля запаса (рис. 2).



1 — земля сельскохозяйственного назначения
2 — земли поселений
3 — земли промышленности и связи
4 — земли водного фонда
5 — земли лесного фонда
6 — земли особо охраняемых территорий
7 — земли запаса

Рис. 2. *Функции принадлежности для термов лингвистической переменной L_2*

Аналитически функции принадлежности термов лингвистической переменной L_2 выражаются следующим образом:

$$\mu_{T1}=\begin{cases}1, & t=1\\ 0, & \text{иначе};\end{cases}\quad \mu_{T2}=\begin{cases}1, & t=2\\ 0, & \text{иначе};\end{cases}$$

$$\mu_{T3}=\begin{cases}1, & t=3\\ 0, & \text{иначе};\end{cases}\quad \mu_{T4}=\begin{cases}1, & t=4\\ 0, & \text{иначе};\end{cases}$$

$$\mu_{T5}=\begin{cases}1, & t=5\\ 0, & \text{иначе};\end{cases}\quad \mu_{T6}=\begin{cases}1, & t=6\\ 0, & \text{иначе};\end{cases}$$

$$\mu_{T7}=\begin{cases}1, & t=7\\ 0, & \text{иначе}.\end{cases}$$

Переменная L_3 определяется климатическими зонами, которых в России семь:

1) арктическая;
2) субарктическая;
3) умеренная;
4) умеренно континентальная;
5) континентальная;
6) резко континентальная;
7) субтропическая (муссонная).

Все климатические зоны делятся на природные зоны, которых на территории России насчитывается десять:

1) арктические пустыни;
2) тундра;
3) лесотундра;
4) тайга;
5) смешанные и широколиственные леса;
6) лесостепи;
7) степи;
8) полупустыни;
9) пустыни;
10) горные территории с высокой поясностью.

В качестве термов лингвистической переменной L_3 рассмотрим природные зоны (рис. 3).



1. Арктические пустыни;
2. Тундра;
3. Лесотундра;
4. Тайга;
5. Смешанные и широколиственные леса;
6. Лесостепи;
7. Пустыни;
8. Полупустыни;
9. Пустыни;
10. Горные территории с высокой поясностью.

Рис. 3. *Функции принадлежности для термов лингвистической переменной L_3*

Аналитически функции принадлежности термов лингвистической переменной L_3 выражаются следующим образом:

$$\mu_{T1}=\begin{cases}1, & t\le 1\\ \dfrac{7-2t}{5}, & 1\le t\le\dfrac{7}{2};\\ 0, & t\ge\dfrac{7}{2}\end{cases}$$

$$\mu_{T2}=\begin{cases}0, & t\le 2\\ \dfrac{t-2}{3}, & 2\le t\le 5\\ \dfrac{-2t+15}{5}, & 5\le t\le\dfrac{15}{2};\\ 0, & t\ge\dfrac{15}{2}\end{cases}$$

$$\mu_{T3}=\begin{cases}0, & t\le\dfrac{13}{2}\\ \dfrac{2t-13}{7}, & \dfrac{13}{2}\le t\le 10.\\ 1, & t\ge 10\end{cases}$$

Переменная L_4 определяется термами: маленький участок, среднего размера и крупный (рис. 4).

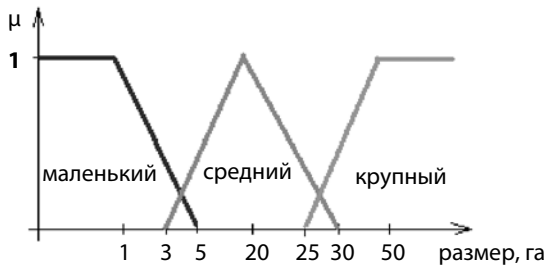


Рис. 4. *Функции принадлежности для термов лингвистической переменной L_4*

Аналитически функции принадлежности термов лингвистической переменной L_4 выражаются следующим образом:

$$\mu_{T1}=\begin{cases}1, & t\le 1\\ \dfrac{5-t}{4}, & 1\le t\le 5;\\ 0, & t\ge 5\end{cases}$$

$$\mu_{T2}=\begin{cases}0, & t\le 3\\ \dfrac{t-3}{17}, & 3\le t\le 20\\ 1-\dfrac{t}{10}, & 20\le t\le 30;\\ 0, & t\ge 30\end{cases}$$

$$\mu_{T3}=\begin{cases}0, & t\le 25\\ \dfrac{t}{25}-1, & 25\le t\le 50.\\ 1, & t\ge 50\end{cases}$$

Переменная L_5 определяется термами: отличное состояние экологии; хорошее состояние экологии; удовлетворительное состояние экологии; неудовлетворительное состояние экологии; не пригодное для жизни (рис. 5).

Аналитически функции принадлежности термов лингвистической переменной L_5 выражаются следующим образом:

$$\mu_{T1}=\begin{cases}1, & t\le 1\\ 2-t, & 1\le t\le 2;\\ 0, & t\ge 2\end{cases}$$

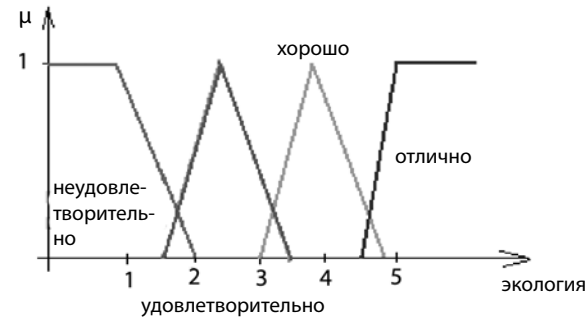


Рис. 5. *Функции принадлежности для термов лингвистической переменной L_5*

$$\mu_{T2}=\begin{cases}0, & t\le\dfrac{3}{2}\\ t-\dfrac{3}{2}, & \dfrac{3}{2}\le t\le\dfrac{5}{2}\\ \dfrac{7}{2}-t, & \dfrac{5}{2}\le t\le\dfrac{7}{2}\\ 0, & t\ge\dfrac{7}{2}\end{cases}$$

$$\mu_{T3}=\begin{cases}0, & t\le 3\\ t-3, & 3\le t\le 4\\ 6-\dfrac{5t}{4}, & 4\le t\le\dfrac{24}{5}\\ 0, & t\ge\dfrac{24}{5}\end{cases}$$

Переменная L_6 характеризуется видами рельефа.

Рельеф — это совокупность неровностей земной поверхности, слагающихся из разнообразных элементарных форм различного порядка.

Различают крупные структурные формы рельефа, образующие поверхность сравнительно обширных географических районов (горы, равнины, нагорья), и менее значительные по размерам элементарные формы неровностей, составляющие поверхность этих объектов рельефа.

Сочетания однородных форм, сходных по своему облику, строению и величине и закономерно повторяющихся на определенной территории, образуют различные типы и разновидности рельефа.

По возвышению над уровнем моря и степени расчлененности земной поверхности различают два основных типа рельефа — горный и равнинный. Их классификацию по высоте над уровнем моря рассмотрим в качестве термов лингвистической переменной L_6 — рельеф (рис. 6).

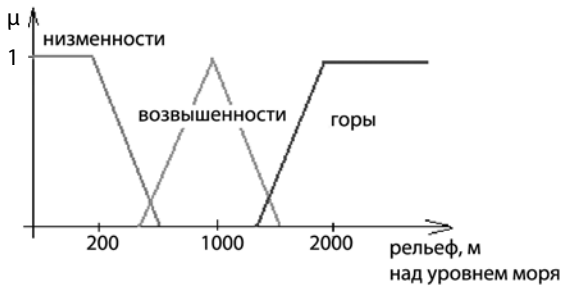


Рис. 6. *Функции принадлежности для термов лингвистической переменной L_6*

Аналитически функции принадлежности термов лингвистической переменной L_6 выражаются следующим образом:

$$\mu_{T1} = \begin{cases} 1, & t \le 200 \\ \dfrac{600-t}{400}, & 200 \le t \le 600; \\ 0, & t \ge 600 \end{cases}$$

$$\mu_{T2} = \begin{cases} 0, & t \le 500 \\ \dfrac{t}{500} - 1, & 500 \le t \le 1000 \\ 3 - \dfrac{t}{500}, & 1000 \le t \le 1500 \\ 0, & t \ge 1500 \end{cases};$$

$$\mu_{T3} = \begin{cases} 0, & t \le 1200 \\ \dfrac{t-1200}{800}, & 1200 \le t \le 2000. \\ 1, & t \ge 2000 \end{cases}$$

Переменная L_7 определяется двумя категориями: $L_{7.1}$ — наличием полезных ископаемых (для простоты будем рассматривать только наличие углеводородов) (рис. 7) и $L_{7.2}$ — сейсмической активностью, которые в свою очередь определяются термами (рис. 8).



Рис. 7. *Функции принадлежности для термов лингвистической переменной $L_{7.1}$*

Аналитически функции принадлежности термов лингвистической переменной $L_{7.1}$ выражаются следующим образом:

$$\mu_{T1} = \begin{cases} 1, & t \le 1 \\ \dfrac{3-t}{2}, & 1 \le t \le 3; \\ 0, & t \ge 3 \end{cases}$$

$$\mu_{T2} = \begin{cases} 0, & t \le 2 \\ \dfrac{t}{2} - 1, & 2 \le t \le 4 \\ 3 - \dfrac{t}{2}, & 4 \le t \le 6 \\ 0, & t \ge 6 \end{cases};$$

$$\mu_{T3} = \begin{cases} 0, & t \le 5 \\ \dfrac{t-5}{2}, & 5 \le t \le 7. \\ 1, & t \ge 7 \end{cases}$$



Рис. 8. *Функции принадлежности для термов лингвистической переменной $L_{7.2}$*

Аналитически функции принадлежности термов лингвистической переменной $L_{7.2}$ выражаются следующим образом:

$$\mu_{T1} = \begin{cases} 1, & t \le 1 \\ 2 - t, & 1 \le t \le 2; \\ 0, & t \ge 2 \end{cases}$$

$$\mu_{T2} = \begin{cases} 0, & t \le \dfrac{3}{2} \\ \dfrac{2t}{3} - 1, & \dfrac{3}{2} \le t \le 3 \\ 3 - \dfrac{2t}{3}, & 3 \le t \le \dfrac{9}{2} \\ 0, & t \ge \dfrac{9}{2} \end{cases};$$

$$\mu_{T3} = \begin{cases} 0, & t \le 4 \\ t - 4, & 4 \le t \le 5. \\ 1, & t \ge 5 \end{cases}$$

Переменная L_8 определяется шкалой бонитета и различными видами почв:

— тундровые глеевые почвы (эти почвы находятся в областях, где есть многолетняя мерзлота. Примером тундровых почв в России может служить Чукотка);

— арктические почвы (данный тип почв получаются в результате оттаивания вечной мерзлоты. Эти почвы распространены на территории России только в Артике (на ряде островов Северного Ледовитого океана);

— подзолистые почвы (распространены в лесах. Подзолистые почвы получаются благодаря процессу подзолообразования. В России подзолистые почвы распространены в Сибири и на Дальнем Востоке);

— дерново-подзолистые почвы — это подтип подзолистых почв. Характерной особенностью этих почв является то, что они могут медленнее вымываться водой в отличие от подзолистых. Дерново-подзолистые почвы находятся в основном в тайге (территория Сибири);

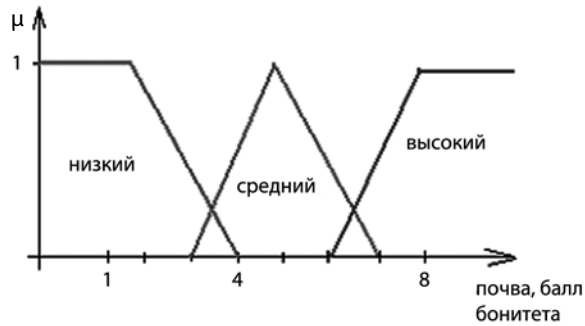
— мерзлотно-таежные почвы образовывались в лесах, в условиях вечной мерзлоты. Они находятся только в условиях континентального климата. Как подвид, существуют горные мерзлотно-таежные почвы. Они образуются в тайге на горных породах, которые покрываются льдом только зимой. Эти почвы есть в Восточной Сибири, на Дальнем Востоке;

— серые лесные почвы образуются на территории лесов. Непременным условием для формирования таких почв является наличие континентального климата, лиственных лесов и травяной растительности. Серые лесные почвы разделяются на серые, светло-серые, а также темно-серые. Эти почвы преобладают в России на территории от Забайкалья до Карпатских гор;

— бурые лесные почвы распространены в лесах: смешанных, хвойных и широколистных. Эти почвы есть только в условиях умеренного климата. Подтипы бурых почв варьируются в зависимости от температур: типичные, оподзоленные, глеевые (поверхностноглеевые и псевдоподзолистые). На территории Российской Федерации почвы распространены на Дальнем Востоке и у предгорий Кавказ.

— каштановые почвы распространены в степях и полупустынях. Существует три подтипа каштановой почвы, различающихся по цвету: каштановый, светло-каштановый и темно-каштановый. Также каштановые почвы делятся по химическому составу: глинистую, песчаную, супесчаную, легкосуглинистую, среднесуглинистую и тяжелосуглинистую. Каштановые почвы в России распространены на территории Кавказа, на Поволжье и в Средней Сибири.

Термы переменной L_8 — бонитет — представлены на рис. 9.



1. Тундровые глеевые почвы;
2. Арктические почвы;
3. Подзолистые почвы;
4. Дерново-подзолистые почвы;
5. Мерзлотно-таежные почвы;
6. Серые лесные почвы;
7. Бурые лесные почвы;
8. Каштановые почвы.

Рис. 9. *Функции принадлежности для термов лингвистической переменной L_8*

Аналитически функции принадлежности термов лингвистической переменной L_8 выражаются следующим образом:

$$\mu_{T1} = \begin{cases} 1, & t \le 2 \\ \dfrac{4-t}{2}, & 2 \le t \le 4; \\ 0, & t \ge 4 \end{cases}$$

$$\mu_{T2} = \begin{cases} 0, & t \le 3 \\ \dfrac{t-3}{2}, & 3 \le t \le 5 \\ \dfrac{7-t}{2}, & 5 \le t \le 7 \\ 0, & t \ge 7 \end{cases};$$

$$\mu_{T3} = \begin{cases} 0, & t \le 6 \\ \dfrac{t-6}{2}, & 6 \le t \le 8. \\ 1, & t \ge 8 \end{cases}$$

Переменная L_9 определяется уровнем развития инфраструктуры и коммуникаций, в частности, наличием железнодорожной связи, автомобильных дорог, а также линией высоковольтной связи (рис. 10):

1) отсутствие высоковольтных линий связи, железной дороги, наличие грунтовых дорог; нет возможностей для развития;

2) наличие высоковольтных линий связи, грунтовых дорог, отсутствие железной дороги; нет возможности развития;

3) наличие высоковольтных линий связи, автомобильных дорог, отсутствие железной дороги; нет возможности развития;

4) наличие высоковольтных линий связи, автомобильных дорог, отсутствие железной дороги; существует возможность развития;

5) наличие высоковольтных линий связи, автомобильных дорог, частичное наличие железной дороги; существует возможность развития;

6) наличие высоковольтных линий связи, автомобильных дорог, железной дороги; существует возможность развития.

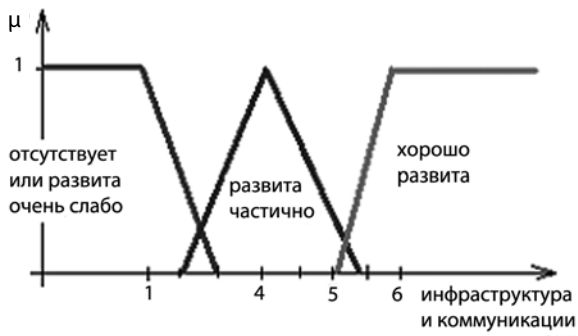


Рис. 10. *Функции принадлежности для термов лингвистической переменной L_9*

Аналитически функции принадлежности термов лингвистической переменной L_9 выражаются следующим образом:

$$\mu_{T1} = \begin{cases} 1, & t \le 1 \\ \dfrac{3-t}{2}, & 1 \le t \le 3; \\ 0, & t \ge 3 \end{cases}$$

$$\mu_{T2} = \begin{cases} 0, & t \le 2 \\ \dfrac{t-2}{2}, & 2 \le t \le 4 \\ \dfrac{11-2t}{3}, & 4 \le t \le \dfrac{11}{2}; \\ 0, & t \ge \dfrac{11}{2} \end{cases}$$

$$\mu_{T3} = \begin{cases} 0, & t \le 5 \\ t-5, & 5 \le t \le 6. \\ 1, & t \ge 6 \end{cases}$$

После выбора лингвистических переменных и определения их термов составляем базу нечетких правил на основе экспертных оценок, а также различных методик и рекомендаций по проведению экономической оценки земельных участков.

База нечетких правил вывода:

1. Если север, то цена низкая.
2. Если центральная часть, то цена средняя.
3. Если юг, то цена высокая (чем больше L_3, тем больше L_1).
4. Если размер маленький, то цена низкая.
5. Если размер средний, то цена средняя.
6. Если размер крупный, то цена высокая (чем больше L_4, тем больше L_1).
7. Если север, то бонитет низкий.
8. Если центральная часть, то бонитет средний.
9. Если юг, то бонитет высокий (чем больше L_3, тем больше L_8).
10. Если бонитет низкий, то цена низкая.
11. Если бонитет средний, то цена средняя.
12. Если бонитет высокий, то цена высокая (чем больше L_8, тем больше L_1)
13. Если рельеф возвышенный, то цена высокая.
14. Если рельеф низменный, то цена средняя.
15. Если рельеф «горы», то цена низкая (чем больше L_6, тем меньше L_1).
16. Если экологическое состояние отличное, то цена высокая.
17. Если экологическое состояние хорошее или удовлетворительное, то цена средняя.
18. Если экологическое состояние неудовлетворительное, то цена низкая (чем больше L_5, тем больше L_1).
19. Если инфраструктура отсутствует или развита слабо, то цена низкая.
20. Если инфраструктура развита частично, то цена средняя.
21. Если инфраструктура хорошо развита, то цена высокая (чем больше L_9, тем больше L_1).
22. Если север, то инфраструктура отсутствует или развита слабо.
23. Если центральная часть, то инфраструктура развита частично.
24. Если юг, то инфраструктура хорошо развита (чем больше L_3, тем больше L_9).
25. Если наличие полезных ископаемых низкое, то цена низкая.
26. Если наличие полезных ископаемых среднее, то цена средняя.
27. Если наличие полезных ископаемых высокое, то цена высокая (чем больше $L_{7.1}$, тем больше L_1).
28. Если сейсмическая активность низкая, то цена низкая.

29. Если сейсмическая активность средняя, то цена средняя.

30. Если сейсмическая активность высокая, то цена высокая (чем больше $L_{7.2}$, тем меньше L_1).

31. Если север, то сейсмическая активность средняя.

32. Если центральная часть, то сейсмическая активность низкая.

33. Если юг, то сейсмическая активность высокая (чем больше L_3, тем больше $L_{7.2}$).

Обобщающий различные методики алгоритм определения стоимости земельных участков на основе нечеткого логического вывода представлен на рис. 11.

В данном алгоритме все правила группируются и сначала используются правила, определяющие местоположение и размер земельных участков. Таким образом, находится базовая цена. На следующем этапе определяется категория участка, и используются правила, определяющие факторы, важные для каждой категории. Получаем итоговую стоимость земельного участка.

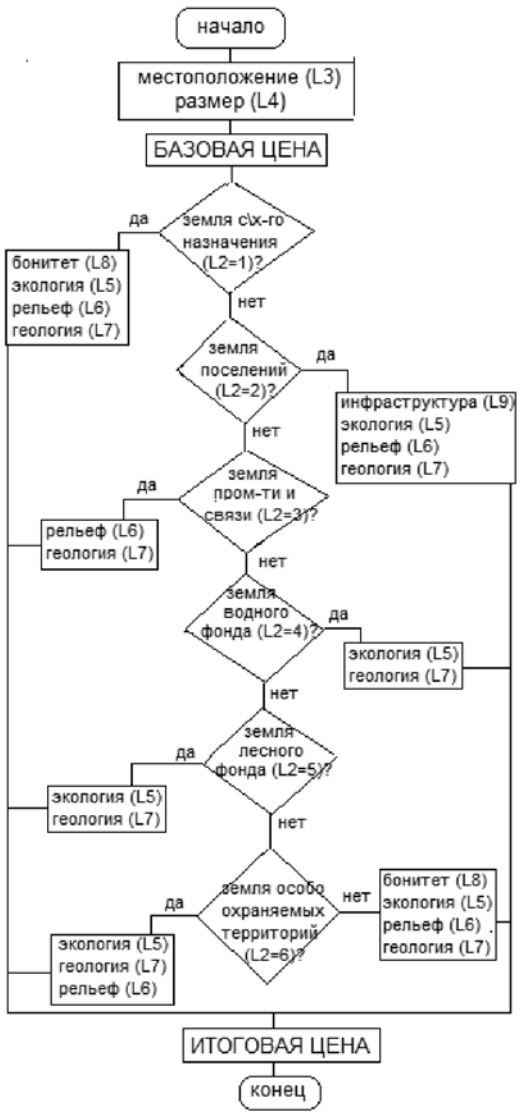


Рис. 11. *Алгоритм нечеткого логического вывода для определения цены земельных участков*

Например, оценим 15 га земель сельскохозяйственного назначения, находящихся в Саратовской области.

Определяем значение лингвистической переменной L_3 «местоположение». Саратовская область относится к зонам степей, поэтому $t = 7$ (рис. 12)



1. Арктические пустыни;
2. Тундры;
3. Лесотундры;
4. Тайга;
5. Смешанные и широколистные леса;
6. Лесостепи;
7. Степи;
8. Полупустыни;
9. Пустыни;
10. Горные территории с высокой поясностью.

Рис. 12. *Расположение исследуемого земельного участка*

Находим степень вхождения $t = 7$ в каждое из нечетких подмножеств переменной L_3:

$$\mu_{T1} = 0;\ \ \mu_{T2} = 3 - \frac{7}{2,5} = 0,2;\ \ \mu_{T3} = \frac{14-13}{7} \approx 0,15.$$

Далее определяем значения лингвистической переменной L_4 «размер» (рис. 13):

Находим степень вхождения $t = 15$ в каждое из нечетких подмножеств переменной L_4:

$$\mu_{T1} = 0;\ \ \mu_{T2} = \frac{15-3}{17} \approx 0,7;\ \mu_{T3} = 0.$$

Считая, что переменные местоположение и размер имеют одинаковое влияние, находим средние значения:



Рис. 13. *Размер исследуемого земельного участка*

$$\mu_{T1}=0;\ \mu_{T2}=\frac{0,2+0,7}{2}\approx 0,45;\ \mu_{T3}=\frac{0+0,15}{2}=0,07.$$

На следующем шаге, согласно алгоритму, используем правила 1–6 базы знаний и находим модификацию нечетких подмножеств, стоящих слева в данных правилах (рис. 14). Модификацию проводим методом «произведений» (метод Ларсена), используя значения истинности левой части каждого правила в качестве множителя для модификации нечеткого множества, указанного в его правой части.

На следующем шаге нечеткая система обобщает результаты действия всех правил вывода, т. е. производит суперпозицию полученных нечетких множеств, используя операцию объединения (рис. 15).

Переход от суперпозиции множеств к скалярному значению (скаляризация) проводится методом «центра тяжести»:

$$\nu_{базовая}=\frac{0\cdot 3+0,45\cdot 20+0,07\cdot 50}{0+0,45+0,07}=24,038\approx$$

$$\approx 24 \text{ тыс. руб.\га.}$$

Таким образом, базовая цена 15 га составит 360 тыс. руб.

Поскольку земельный участок сельскохозяйственного назначения, то добавим влияние переменной L_8 «бонитет» и рассмотрим правила 7–9.

В Саратовской области распространены серые лесные почвы. Поэтому степень вхождения $t = 6$ в каждое из нечетких подмножеств переменной L_8 составит:

$$\mu_{T1}=0;\ \ \mu_{T2}=\frac{7-6}{2}=0,5;\ \ \mu_{T3}=0.$$

Также добавляем переменную L_5 «экология» и рассматриваем правила 16–18. Будем считать, что состояние экологии на рассматриваемом земельном участке хорошее $t = 4$ и поэтому:

$$\mu_{T1}=0;\ \ \mu_{T2}=0;\ \ \mu_{T3}=4-3=1;\ \ \mu_{T4}=0.$$

Находим средние значения, предполагая, что экология и бонитет играют одинаковую роль в стоимости земельного участка:

$$\mu_{T1}=0;\ \ \mu_{T2}=\frac{0,5+1}{2}=0,75;\ \ \mu_{T3}=0.$$

Так как влияние переменных L_8 и L_5 отражено только для нечеткого подмножества μ_{T2}, то значение множителей для модификации нечет-

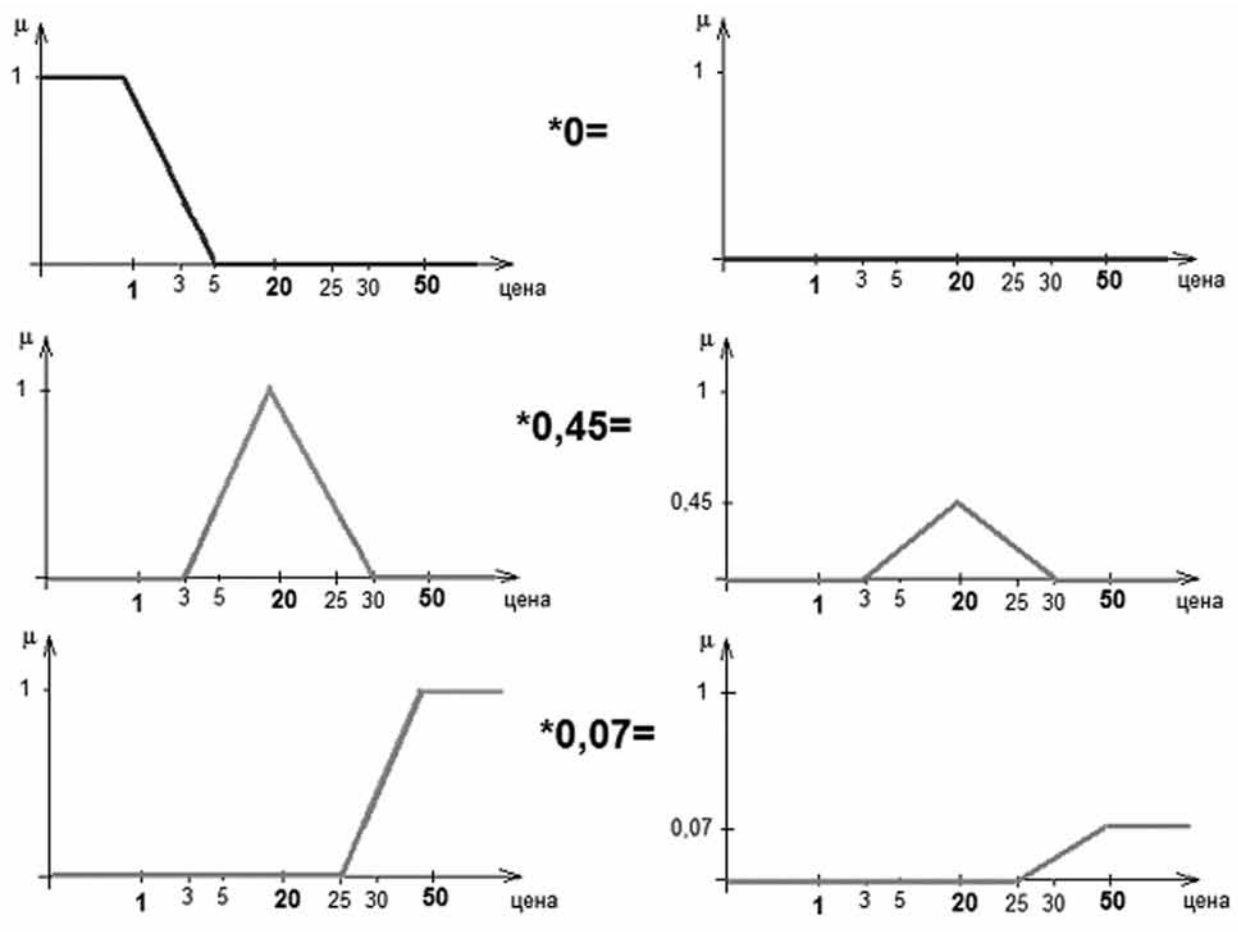


Рис. 14. *Модификация нечетких подмножеств*

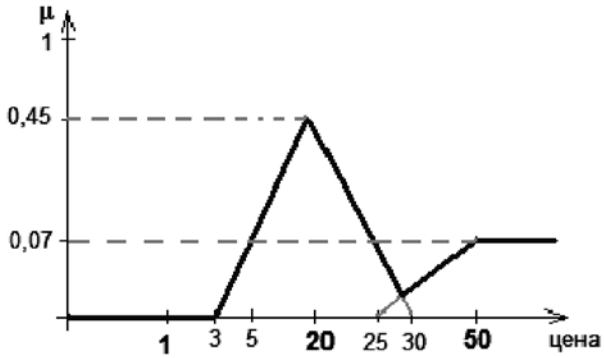


Рис. 15. *Суперпозиция нечетких подмножеств*

ких подмножеств, которое было получено при определении базовой цены, примут значения:

$$\mu_{T1} = 0; \quad \mu_{T2} = \frac{0{,}45 + 0{,}75}{2} = 0{,}65; \quad \mu_{T3} = 0{,}07,$$

и $\nu_{итоговая} = \frac{0 \cdot 3 + 0{,}6 \cdot 20 + 0{,}07 \cdot 50}{0 + 0{,}6 + 0{,}07} = 23{,}13$ тыс. руб.\га, следовательно, итоговая цена 15 га составит 347 тыс. руб.

Список источников

1. *Тиндова М. Г.* К вопросу об интеллектуальной обработке информации в области оценки недвижимости // Прикладная информатика. Научно-практический журнал. 2007. №5(11).

2. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения / Под ред. Р. Ягера. М.: Радио и связь, 1986.

3. *Zadeh L. A.* Fuzzy sets // Information and control. 1965. Vol. 8. №3. P. 338-353.

УДК 591.86: 330.4

ключевые слова: модели оценки земельных участков; нечеткий вывод; факторы, влияющие на стоимость