

«

»

• •

ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

*Курс лекций
для магистрантов, обучающихся
по специальности 1-25 80 01 Экономика*

2021

004.896(075.8)

72 73

90

*Рекомендовано методической комиссией
экономического факультета 23.10.2019 (протокол № 2)
и Научно-методическим советом БГСХА
27.11.2019 (протокол № 3)*

:

, В. И. Буць

:

, А. Г. Ефименко;
, Г. О. Читая

Буць, В. И.

90

/ – : , 2021. – 105 . : .
ISBN 978-985-882-110-4.

1-25 80 01

УДК 004.896(075.8)

ББК 72я73

ISBN 978-985-882-110-4

© «

», 2021

ВВЕДЕНИЕ

1960-е гг. – ()
, ().
1970-е гг. –
(), ,
(SQL), ,
1980-е гг., , (on-
line transaction processing – OLTP)
I .
()
– Knowledge Discovery in Databases (KDD)
Data Mining. « –
» – ,
, ,
, ,
, ,
«KDD»,
1980-е гг. « »,
1962 г. ,
, ,
, ;
, KDD ,

Data Mining – -
 , , -
 , -
 1989 . -
 «Data Mining» - : -
 , , -
 , , -
 (« » – -
 , ?; « » – « -
 » ?) -
 -
 , -
 , -
 , -
 -
Data Mining. -
 « -
 » -
 , -
 : -
 , ;
 - , -
 « -
 » -
 -

1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЙ И МОДЕЛЕЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

1.1.

1.2.

1.3.

1.1. Сущность интеллектуального анализа данных в агроэкономических исследованиях

() – ,

[14, 16, 25].

(E_k)

:

$$E_k = \{a_j, t, x_1, x_2, \dots, x_m\},$$

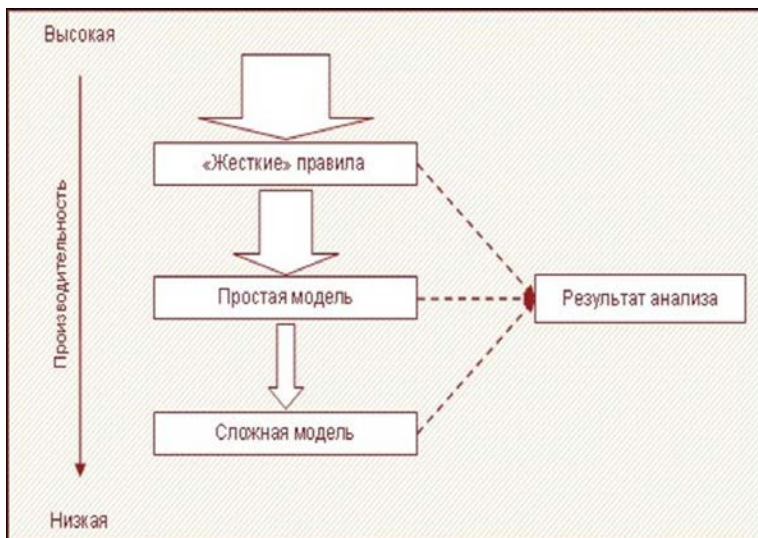
a_j – () ;

t – ;

x_i – i – , $i = 1, \dots, m$.

(Data Mining –),

(. 1.1) [12, 23].



1.1.

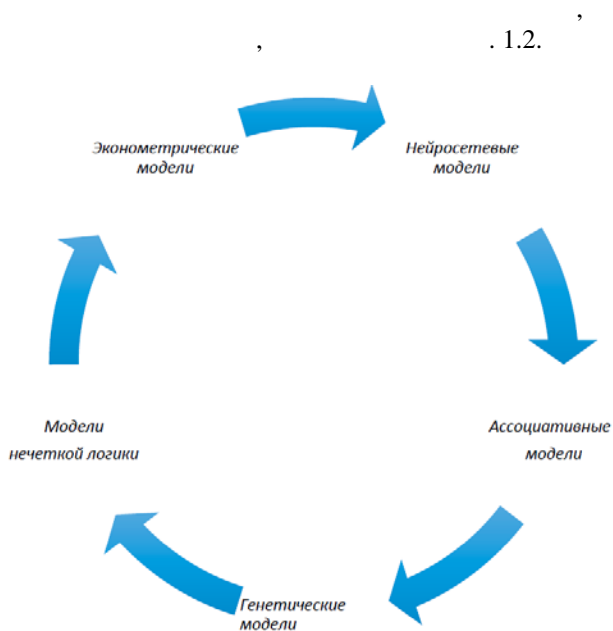
[12, 27, 44].

1.2. Основные задачи интеллектуального анализа данных по типам производимой информации

1.

- (),
- ,
- ,
- ;
- ,
2. (),
- 3.
- :
- ,
- ,
-

1.3. Модели интеллектуального анализа данных



. 1.2.

Эконометрические модели.

— . [8].
,
,
(—
, , , , ,
)

Нейросетевые модели.

—
, —
.
, —
.
, —
—
—
—

Ассоциативные модели.

, —
,
, , —

Генетические модели.

,
, —
,
,
(. 1.3).

Four empty rectangular boxes stacked vertically, each with a blue border and a small blue tab on the left side.

. 1.3.

Модели нечеткой логики.

— ,
 :
 ;
 ;
 -
 « ..., ...» .
 -
 « ... » « -
 ... » .

2. ПРОЦЕСС ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

2.1.

2.2.

2.3.

2.1. Определение и сущность процесса интеллектуального анализа данных

(Data Mining) –

, -
 -

[33].

(, , , ,).

« - ».

1.

2.

3.

)

»

)

)

4.

5.

6.

(Crisp-DM)

(. 2.1).

Data Mining

2.2. Источники агроэкономических данных

информации

точниками

[6, 12].

— . [43]. — « » . , « » .

2.3. Построение структуры агроэкономических данных

, (PK) — [3, 10]. NULL (). (.2.2).



. 2.2.

Связь «один-к-одному».

A « - - » (B, , 1:1).

Связь «один-ко-многим».

Связь «многие-ко-многим».

« - - » (M:N).

(OLTP)

(OLAP)

3. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

- 3.1.
- 3.2.
- 3.3.

OLAP-

3.1. Оперативный анализ данных посредством OLAP-систем

Оперативный анализ данных (OLAP) – это технология, позволяющая быстро анализировать большие объемы данных. OLAP-системы позволяют пользователям выполнять сложные запросы к данным, которые невозможно выполнить с помощью традиционных систем. OLAP-системы используются для анализа данных в различных областях, таких как финансы, маркетинг, логистика и т.д.

OLAP (рис. 3.1) [4, 13].

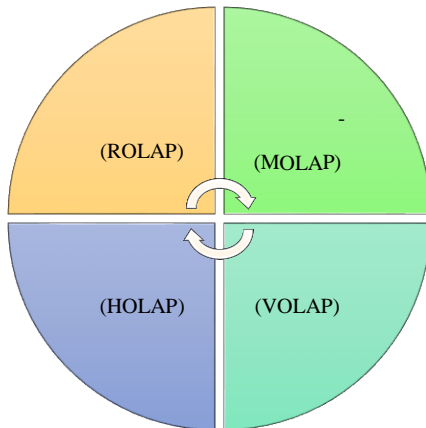


Рис. 3.1. Типы OLAP

()

OLTP-

Relational OLAP. ROLAP –

« » « ».

MOLAP – () –

Processing – OLAP On-Line Analytical OLAP

OLTP-

(). (ROLAP),

(MOLAP),

(*Виртуальным хранилищем данных*).

[35, с. 156, 163, 168].

, - (,) -
 , , , . -
 - , - ,
 , , : -
 , , , ,

3.2. Прогнозирование показателей

. -
 , ,
 , , , -
 , , , -
 .

[2, 7, 18].

,
 . ,
 , ,
 . -
 . -
 . -
 ,

прогнозированием

Data Mining

Data Mining,

[30, 32].

3.3. Интеллектуальный анализ текстовой информации

: Data Mining, Text Mining Semantic Web Ontology (OWL –
Ontology Web Language),

Internet, -
 , -
 , -
 , -
 (). -
 , -
 , -
 , -
 , -
 [26, 28].

4. СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

- 4.1. .
- 4.2. (,)
- 4.3. .

4.1. Дескриптивный анализ и описание исходных данных

() . -
 , -
 , -
 , -
 (, -
 .).

, — -
 . -
 - , , -
 , -
 , -
 : , , , « » -
 . -
 , , , -
 [1, 22]. -
 , -
 . -
 , -
 . -
 ; : - R^2 ; -
 ; R ; -
 . [19, 20, 36, 42]. -

4.2. Анализ связей (корреляционный и регрессионный, факторный и дисперсионный)

. *Корреляционные связи* –

Методы регрессионного анализа

[8, 9].

[11].

Метод дисперсионного анализа

торного анализа
)

компонентов.

фак-

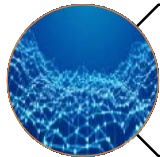
метод главных

4.3. Анализ временных рядов

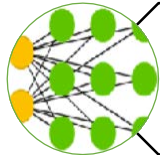
Классификация (обучение с учителем).



Классификация
(обучение с учителем)



Прогнозирование



Классификация
(обучение без учителя)

5.1.

5.2. Нахождение наилучшего приближения функции, заданной конечным набором входных значений

() () .

$$Y = F(X), \quad X - , \quad Y -$$

[25].

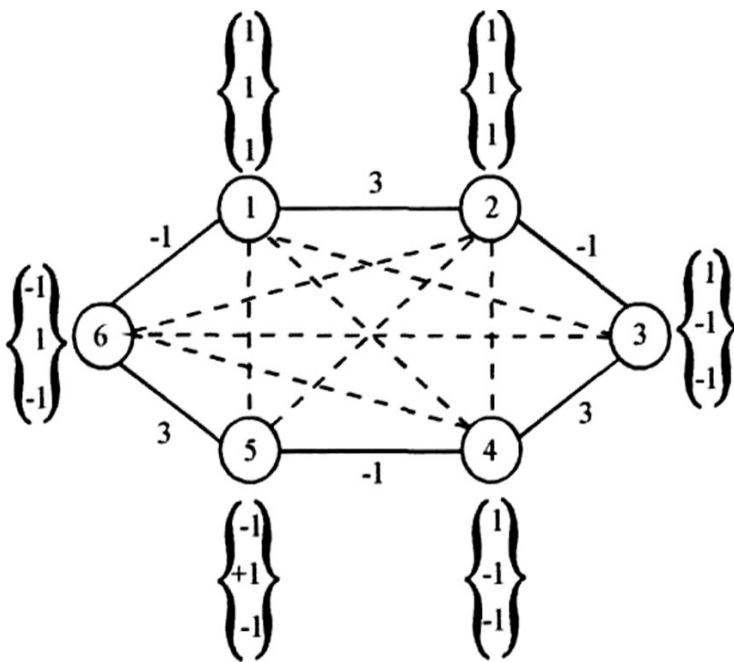
ANFIS-

5.3. Виды нейронных сетей

Нейронная сеть Хопфилда (Hopfield network, HN) –

(рис. 5.2).

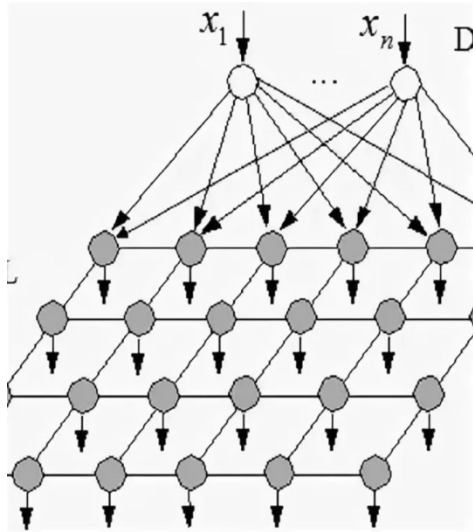
(« » « » . (-1 1, 0 1).



. 5.2.

Самоорганизующиеся карты Кохонена –

(. 5.3).

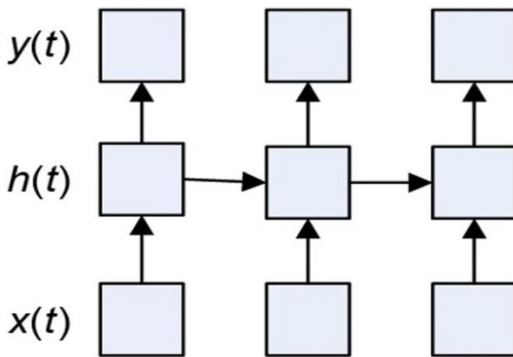


. 5.3.

Искусственная нейронная сеть Элмана,
 Recurrent Neural Network,

Simple

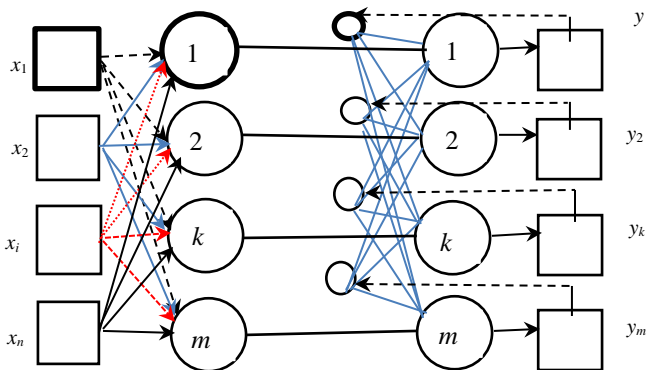
() (x_t), (h_t) () ()
 (y_t).
 (. 5.4).



. 5.4.

Искусственная нейронная сеть Хэмминга

(. 5.5).



. 5.5.

Вероятностные нейронные сети (PNN).

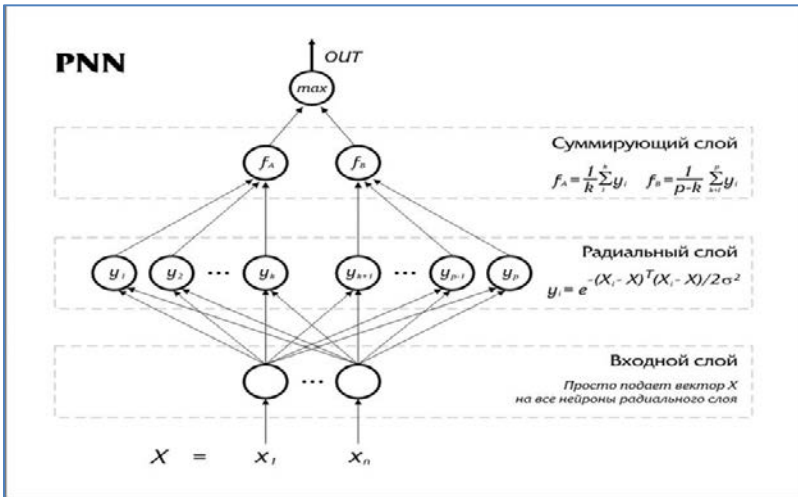
(. 5.6).

(Speckt, 1990;

Patterson, 1996; Bishop, 1995).

Обобщенно-регрессионная нейронная сеть (GRNN).

Линейные сети



. 5.6.

PNN

6. МЕТОДЫ КЛАССИФИКАЦИИ: ДЕРЕВО РЕШЕНИЙ

6.1.

6.2.

6.3.

6.1. Деревья решающих правил, классификации и регрессии

(Decision tree) –

– k -

()

() .

() ,

[34].

.
 ,
 () $I(t)$, ()
 t.
 (decision trees)
 Data Mining,
 .
 ,
 ,
 ,
 « ..., ...»,
 .
 .
 ,
 ,
 ,
 . *Рекурсивными*
 ,
 ,

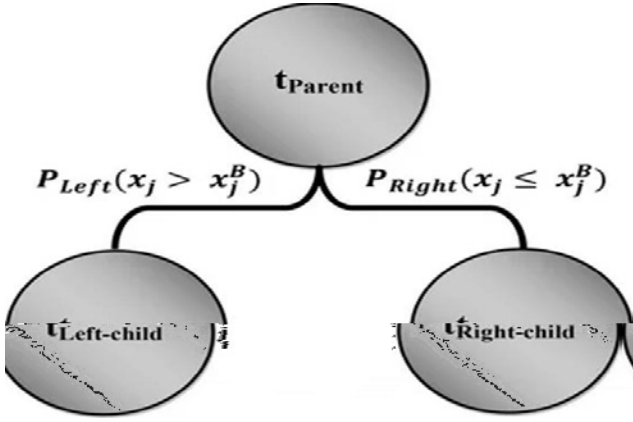
6.2. Алгоритмы конструирования деревьев решений

,
 ,
 ,
 »,
 ,
 .
 ,
 ,
 () .

([38],).

CART (classification and regression trees) –

(. 6.1).



. 6.1.

CART

– (), – ;
 (). , « »

Алгоритм C4.5

Minig, ? – , Data
 : - C4.5 , C4.5
 ; - , C4.5
 ; - , C4.5

6.3. Основные характеристики алгоритмов построения деревьев решений

ID3. ()
 , . ,
 C4.5. – « » ,
 « », - ,
 ;

Data Mining

7. КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ

7.1.

7.2.

7.3.

7.1. Понятие кластера в интеллектуальном анализе данных

,
 ;
 .
 Deductor Studio Basegroup Labs
 k-means, g-means,
 .
 ,
 .
 .
 (, (

[46, 49].

7.2. Методы кластерного анализа

(. 7.1).

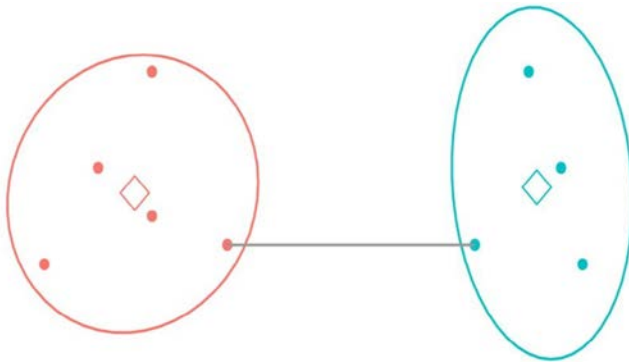


. 7.1.

Метод ближнего соседа или одиночная связь.

()

« » « » , « »
(. 7.2).



.7.2.

Метод наиболее удаленных соседей или полная связь.

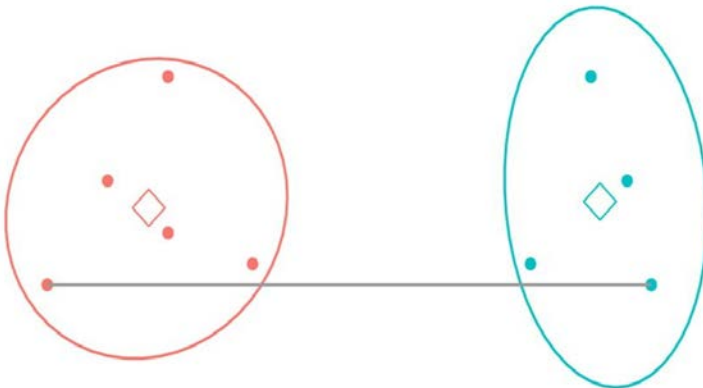
»).

(. . «

« ».

« »,

(.7.3).



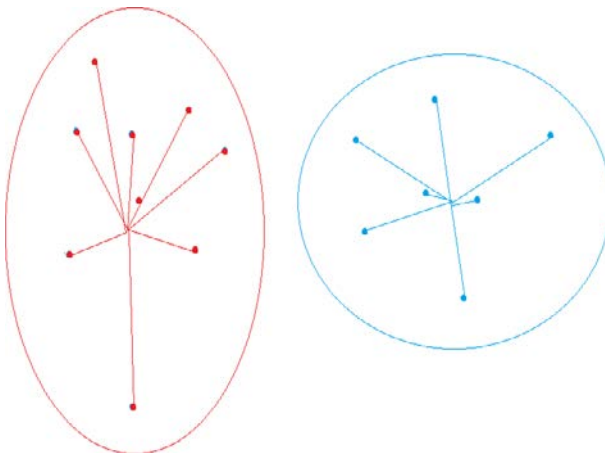
.7.3.

Метод Варда (Ward's method).

1963).

(Ward,

(. 7.4).



. 7.4.

Метод невзвешенного попарного среднего (– unweighted pair-group method using arithmetic averages, UPGMA).

« »,

« » ,

Метод взвешенного попарного среднего (– weighted pair-group method using arithmetic averages, WPGMA).

), (

Невзвешенный центроидный метод (– unweighted pair-group method using the centroid average).

Взвешенный центроидный метод (– weighted pair-group method using the centroid average, WPGMC) (Sneath, Sokal, 1973).

()

(.).

метод *k-средних*.
k-

метод *поиска сгущений*.

R. , (,).

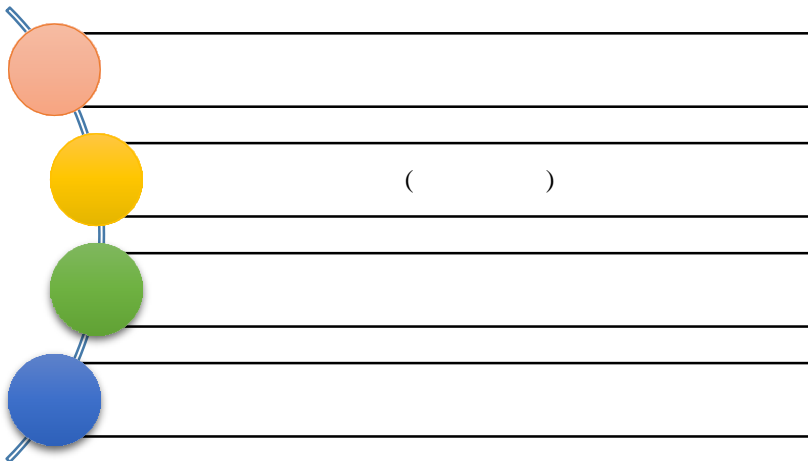
, , -
, , -
, . . . -
, , -
, , , -

7.3. Факторный анализ

-
, . -
, , -
, . -
, . . . -
, , -
, , -
(), . -
« » : -
- , -
(,), -
, -
, -
, -
; -
-

Алгоритм *BIRCH* (Balanced Iterative Reducing and Clustering using Hierarchies)

(.7.5).



.7.5. BIRCH

. 7.5

Фаза 1. Загрузка данных в память.

(CF Tree)

)

(CF Tree):

(N, LS, SS), $N -$

, $LS -$

, $SS -$

: $B -$

, $T -$

B

: [$CF_i, Child$], $i = 1, 2, \dots, B$; $Child -$

$i-$

$T.$

Фаза 2 (необязательная). Сжатие (уплотнение) данных.

$T.$

Фаза 3. Глобальная кластеризация.

Фаза 4 (необязательная). Улучшение кластеров.

3,

« »

WaveCluster

WaveCluster

(. 7.6).



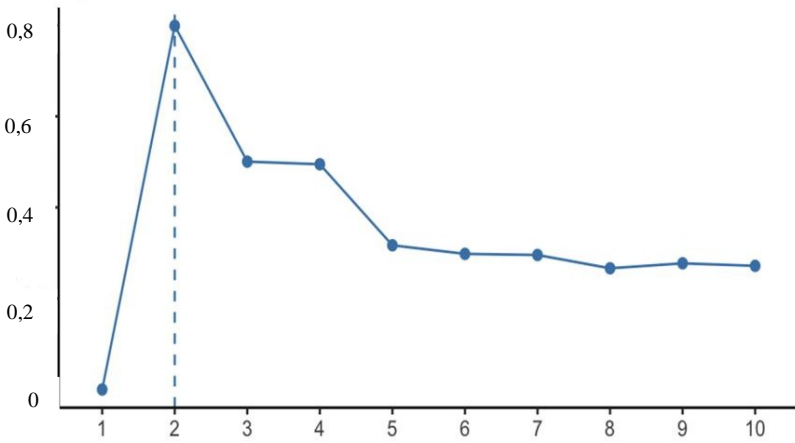
. 7.6. WaveCluster

Алгоритм CLARA

Kaufmann Rousseeuw 1990 .

S+.

CLARA
(. 7.7).



. 7.7. LARA

, -
 PAM. -
 -

Алгоритм Clarins (Clustering Large Applications based upon
 RANdomized Search) -

« » -
 Clarins -

алгоритм CURE – *алгоритм*
DBScan, (density). -

BIRCH, Clarins, CURE, DBScan

1) , -

2) , - ;

8.2. Методы поиска ассоциативных правил

Ассоциативные правила

полезные правила,

тривиальные правила,

непонятные правила,

(
,
,
).
:

A
T;

Алгоритм AIS.

AIS (Agrawal, Imielinski and Swami),
IBM Almaden

1993 . ;

90- .
,
AIS
« »

Алгоритм SETM.

SQL
AIS, SETM

« », SQL

, SETM
AIS SETM –

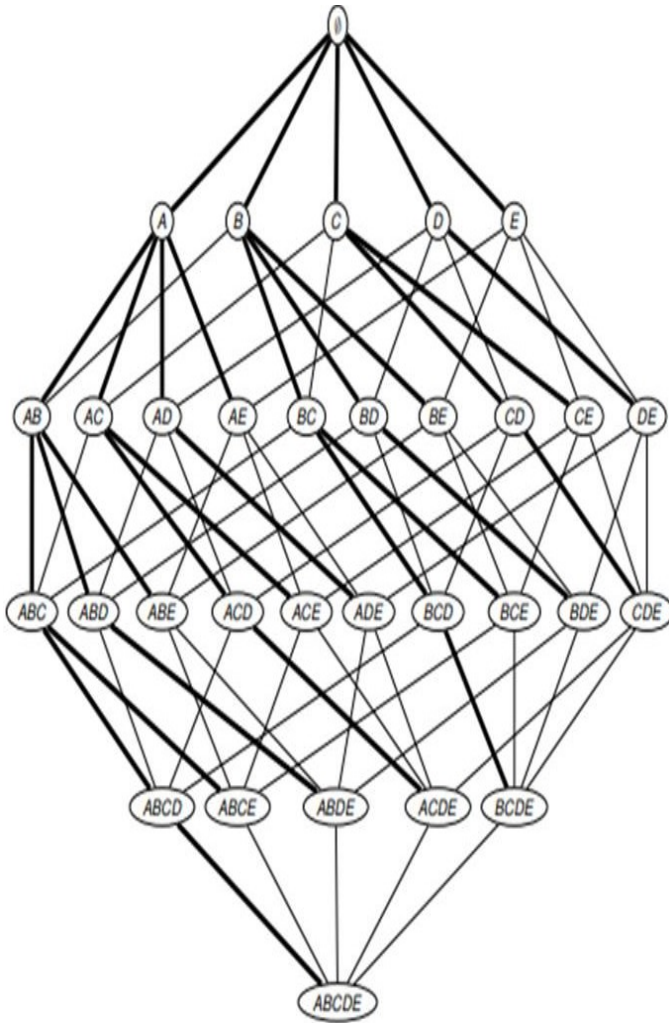
Apriori.

Алгоритм Apriori.

1- . ,

.. :
()

(. 8.1).



. 8.1. Apriori

Apriori. – алгоритм DHP, алгоритмом хеширования (J. Park, M. Chen and P. Yu, 1995).

Apriori.
 k -
 $k-1$
 k Apriori,
 k

PARTITION, DIC,

Алгоритм PARTITION (A. Savasere, E. Omiecinski and S. Navathe, 1995).

Apriori « »

Алгоритм DIC, Dynamic Itemset Counting (S. Brin, R. Motwani, J. Ullman and S. Tsur, 1997).

(start point),

8.3. Нечеткие ассоциативные правила

(fuzzy associative rules) –

(8.2).

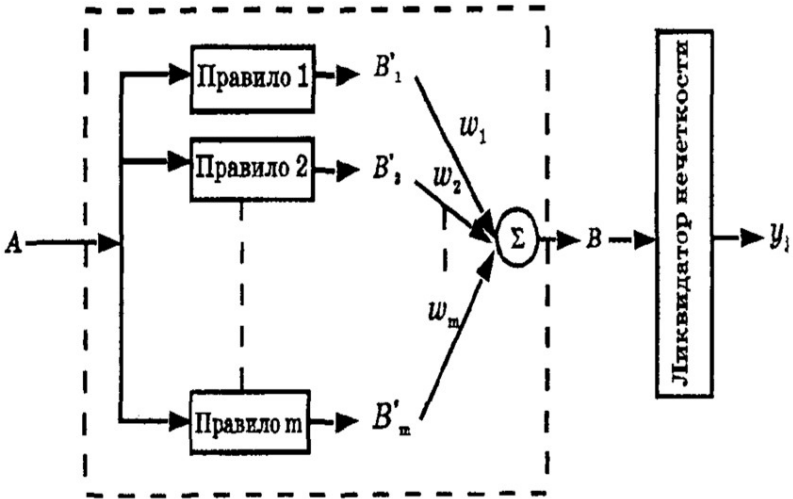
1994

(soft computing),

« » (0,0 1,0, - alpha-cuts)

» ()

« »



. 8.2.

1998 (Chinese University of Hong Kong), Wai-chee (Man Hon Wong),

(Ada

«Finding Fuzzy Sets for the Mining of Fuzzy Association Rules for Numerical Attributes» (

), «Intelligent Data Engineering and Automated Learning Conference» () 1998 .

CLARINS.

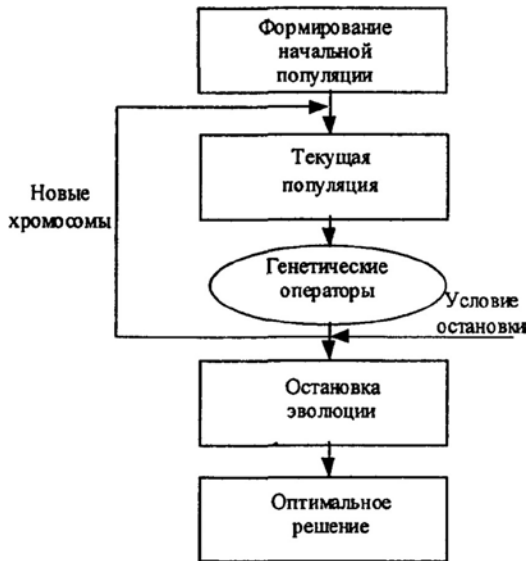
9. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

- 9.1.
- 9.2.
- 9.3.

9.1. Генетика экономических процессов

[29].

(.9.1).



. 9.2.

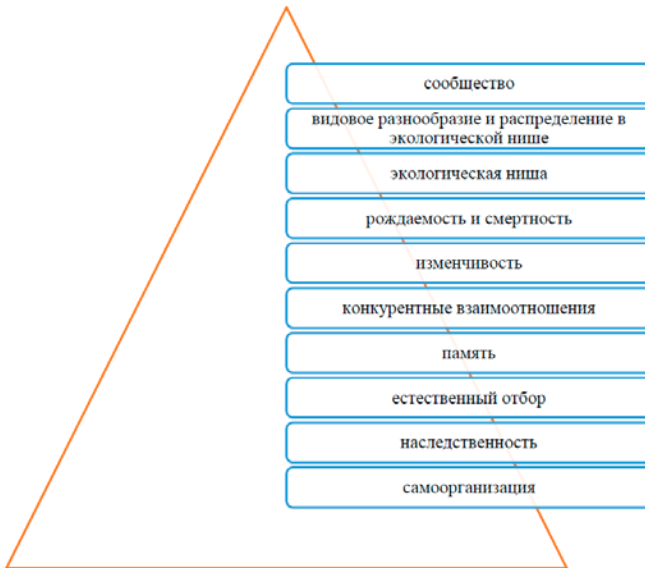
, *функцией оценки.*
 -
 , -
 (-
) « » (-
). « » (-
 -
) , , (, -
) . -
 , -
 , -
 , , -
 , , -
 , .

9.3. Эволюционное моделирование

() -
 (, , .), -
 , -
 , -
) « », « (-
 », -
 - , -
 - , -

() [31, 41, 55].

), , .9.3.

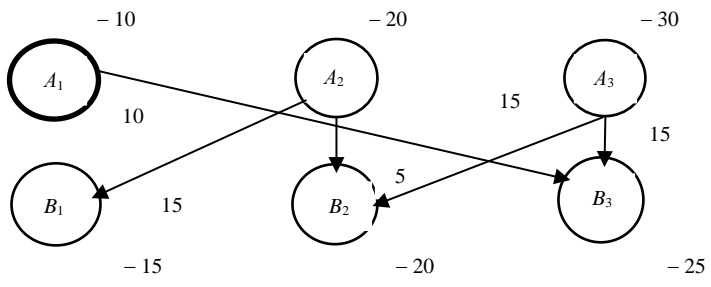


.9.3.

.9.3

, :

;



.9.5.

Задача Монжа –
 $(A_1, A_2, A_3),$
 (B_1, B_2, B_3)

Задача Ордена –

Задача Хичкока –

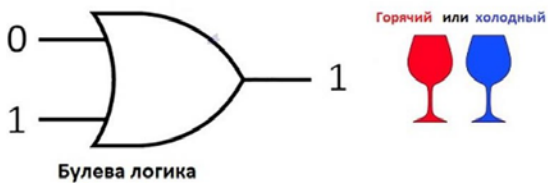
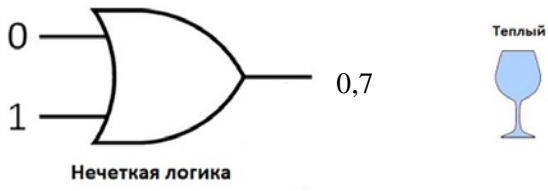
10. НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКА

- 10.1.
- 10.2.
- 10.3.

10.1. Нечеткая логика, как обобщение Аристотелевой логики

», « » . . .
 Лингвистической ,

терм-множеством (. 10.1).



. 10.1.

», « »; « »; « »; « »

Определение. Лингвистическая переменная

$\langle x, T, U, G, M \rangle$, x – ; T –
 () ; UG – ; M –
 G.

Нечеткие логические операции.

A B,

«1» «0».

$$2^{2^2} = 16$$

(⊕),

(⇔)

: (), (), (⇔).

{ « », « », « », « »},

лингвистическую аппроксимацию,

Определение. Нечеткой базой знаний

« ... »,

: Если посылка правила, то заключение правила.

, нечеткая

логика

нечеткая логика

10.2. Нечеткие высказывания и нечеткие модели систем

1. $\langle b \text{ } b' \rangle$, $b -$
 $, b' -$, $X,$

$\langle \text{давление большое} \rangle$
 «давление» «большое»,
 X «давление»
 «большое»

2. $\langle b \text{ } mb' \rangle$, $t -$
ОЧЕНЬ, БОЛЕЕ ИЛИ МЕНЕЕ, МНОГО БОЛЬШЕ
 .. $\langle \text{давление очень большое} \rangle$, $\langle \text{скорость много больше}$
средней} \rangle

3. $1 \text{ } 2$, **И, ИЛИ, ЕСЛИ..., ТО..., ЕСЛИ,**
ТО..., ИНАЧЕ.
 ()

$L_1: \langle A_1 \rangle \langle B_1 \rangle,$
 $L_2: \langle A_2 \rangle \langle B_2 \rangle,$

 $L_k: \langle A_k \rangle \langle B_k \rangle,$
 $\langle A_i \rangle, i = 1, 2, \dots, k -$
 $= 1, 2, \dots, k -$

$L_1: \langle A_1 \rangle \langle B_1 \rangle,$
 $L_2: \langle A_2 \rangle \langle B_2 \rangle,$

 $Lk: \langle A_k \rangle \langle B_k \rangle,$

$$\begin{aligned}
 &A_1, A_2, \dots, A_k - \\
 &\quad X \\
 &\quad , B_1, B_2, \dots, B_k - \\
 &\quad \quad Y \\
 &\quad \quad \quad \cdot \\
 &\quad \quad \quad \quad \{L_1, L_2, \dots, L_k\} \\
 &\quad \quad \quad \quad \quad XRY, \quad \quad \quad X'Y \\
 &\quad \quad \quad \quad \quad \cdot \\
 &\quad \quad \quad \quad \quad X \quad \quad \quad A, \\
 &\quad \quad \quad \quad \quad B = A \cdot R \quad \quad \quad Y \quad \quad \quad B \\
 &\quad \quad \quad \quad \quad mB(Y) = V_x (mA(X) LmR(X, Y)). \\
 &\quad \quad \quad \quad \quad \cdot \\
 &\quad \quad \quad \quad \quad \cdot
 \end{aligned}$$

10.3. Математическое обеспечение системы оперативной обработки и интеллектуального анализа данных, использующей нечеткую логику

() -

-

().

-

-

«

-

» (. 10.2).

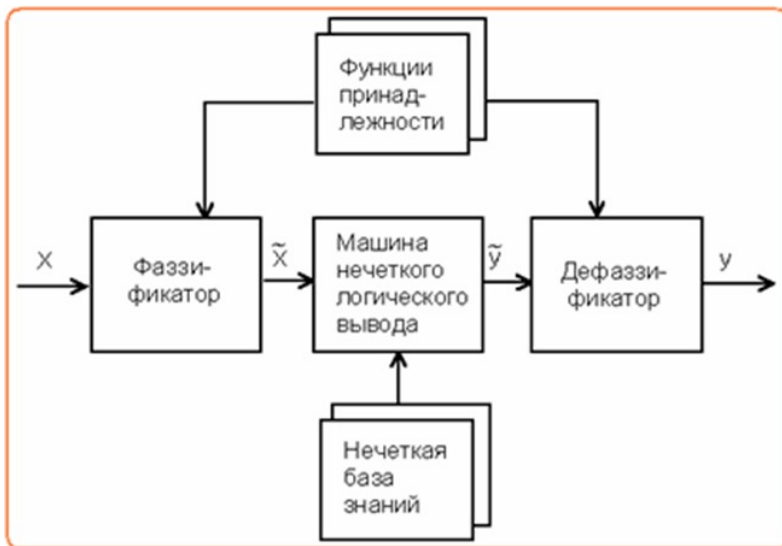
-

-

-

:

;



. 10.2. « »

Недетерминированность выводов.

Многозначность.

Неполнота знаний.

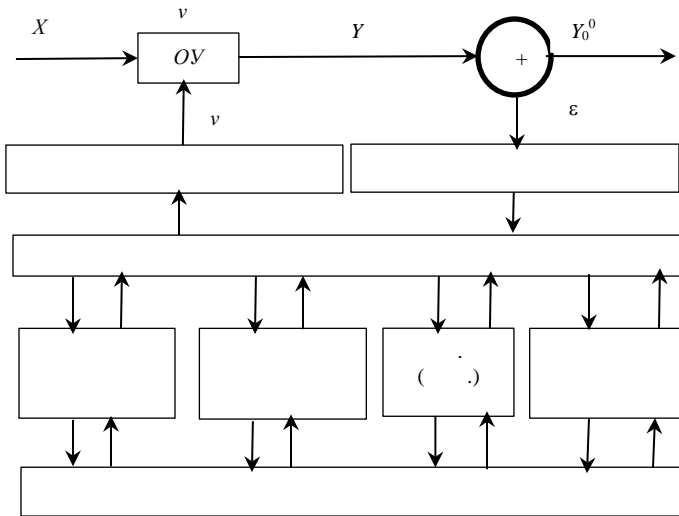
()

Нечеткие экспертные системы

()

(.10.3).

(),



. 10.3.

11. ДОКУМЕНТАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВЫЕ СИСТЕМЫ

11.1.

11.2.

11.1. Документальный поиск

Документальный информационный поиск,
(document retrieval) –

документального информационного поиска или отбора до-
кументов ()

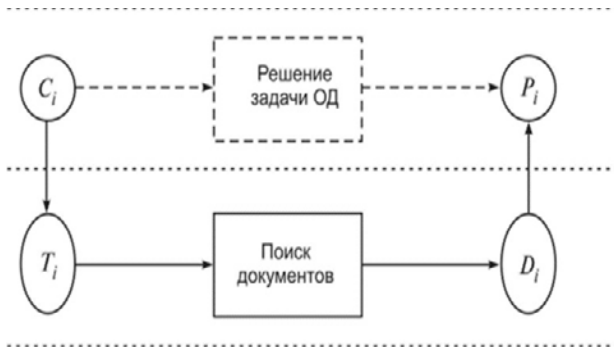
(T_i) ,

(D_i) ,

(C_i) .

(P_i) ,

(. 11.1).



. 11.1.

документальном информационном поиске

[28].

го поиска

документального информационно-

(), . . .

документального информационного поиска.

Информационный поиск (Information retrieval) –

« »

1948 .

1950 .

1)

www.yandex.ru, www.google.com.

2)

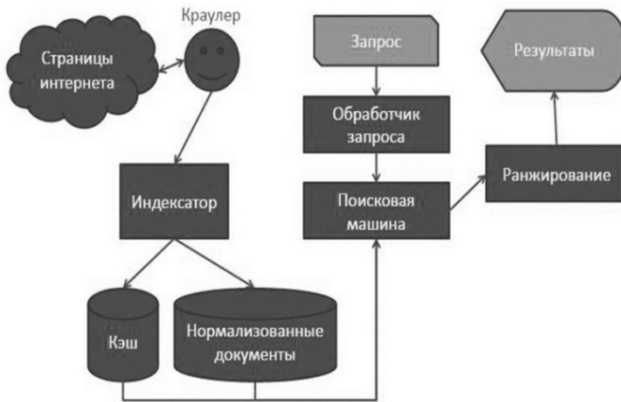
(, MS Windows);

3)

URL

Polar Rose, Picollator

(. 11.2).

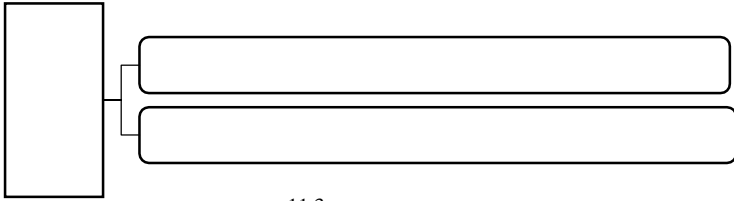


. 11.2.

Библиографический поиск –

Документальный поиск –

(. 11.3).



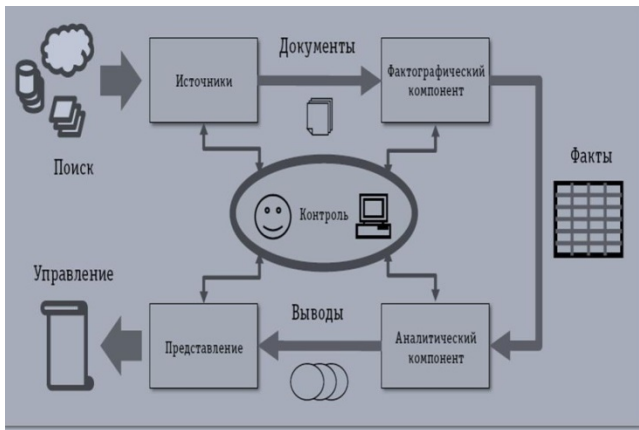
. 11.3.

. 11.3

- 1) *библиотечный,*
- 2) *библиографический,*

Фактографический поиск –

(
);
(. 11.4).



. 11.4.

- 1) документально-фактографический, -
- 2) фактологический (,), ; -

11.2. Библиографический поиск

- , . . . -

((),

(. 11.5).

1. :
1. . . . (-
-), (-
- (,). -
2. (-
-), -
3. , , , -
- , , , -
- , , , -
- . . .

Сплошной метод. « -

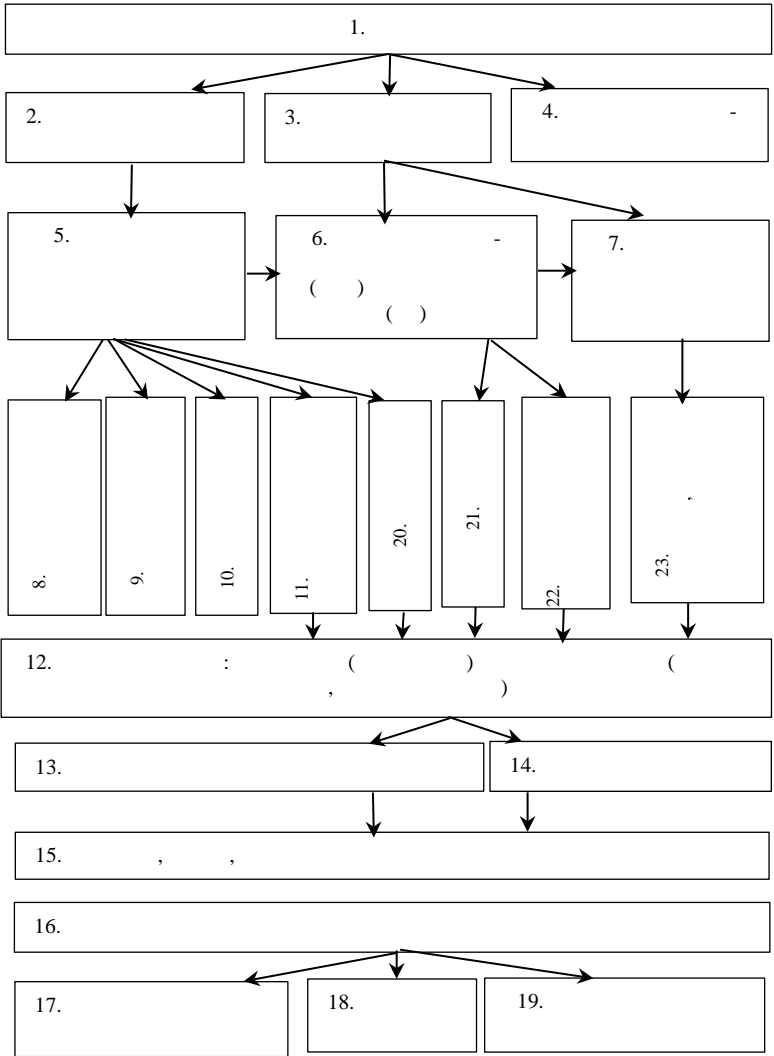
...»

Выборочный метод. - , . . . « ».

« ».

Интуитивный метод. - (,

,).



. 11.5.

12. СИСТЕМЫ, ОСНОВАННЫЕ НА ЗНАНИЯХ

12.1.

12.2.

12.3.

12.1. Понятие интеллектуальной системы

1950

«Mind»

«

интеллект»,

программа,

(. 12.1).



. 12.1.

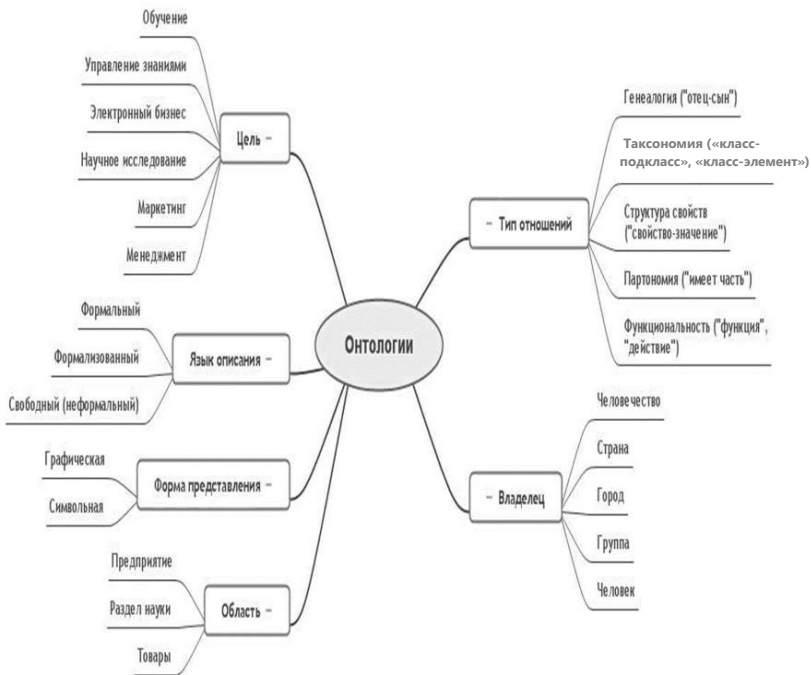
определений интеллектуальных систем
(ИС) искусственного интеллекта (ИИ). ИИ (AI –

Artificial Intelligence) 1956 . -
 (). .
 . «ИИ» -
 , -
 » [14, 39, 40]. -
Адаптивная система – , -
 , -
алгорит-
ма функционирования, -
 , .
 , ,
самоорганизующиеся системы.
алгоритмом -
 , .
ИС *адаптивную систему,* -
 , -
 .
Интеллектуальные робототехнические системы (ИРС) -
 , -
ИРС *знаний* , -
 . -
интеллектуальным системам? ИС -
 , *ИС* *знаний*
 , *дедукции,*
 , *ИС* -
 – . . , . . -
 . . **ИС**
 , *ИС* , -

12.2. Инженерия знаний

Инженерия знаний

, [15, 17].
 ;
 ().
 ()
 (. 12.2).
 1960- – 1970-
 DENDRAL, – MYCIN.
 «engineering»
), инженерией знаний.



. 12.2.

12.3. Использование систем, основанных на знаниях, в оптимизации параметров функционирования объектов и процессов агропромышленного производства

(. 13.1).



. 13.1.

()

13.2. Использование структурного анализа систем в технологиях интеллектуального анализа данных



Аналитические инструменты:

Язык простых запросов

Оперативная аналитическая обработка (OLAP)

Data Mining

. 13.2.

1.

2.

3.

4.

13.3. Когнитивный анализ и моделирование сложных ситуаций

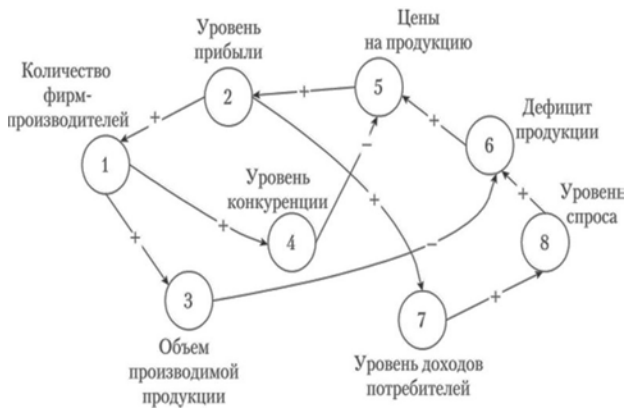
... [54, 56].

теку-

щей ситуацией

(-) : « (?»,
),
 « ?», «
 ?»
 ()
 [44].

(
 ,
).
 . 13.3.



. 13.3.

— , :
 , .
 Data Mining, -
 « » , « » « »
 ;
 — - , .
 , « ...» « -
 ..., ...», « ...» , -
 (), (),
 .
 -
 , .
 , . . . -
 -
 -
 () () , -
 -
 , (, .),
 , , . .),
 [0,1].
 , -
 .

Data Mining [50, 52].

14. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

14.1.

14.2.

14.3.

14.1. Понятие искусственного интеллекта

(лат. *intellectus* –

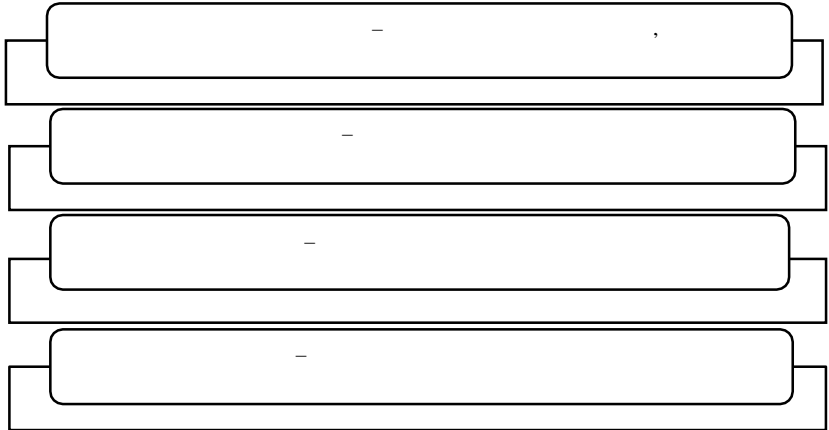
: , 1980- . , ,
 , .
 ():
 « - , -
 , , . .
 , -
 , -
 , -
 . .».
 ,
 , -
 - , -
 - , -
 ;
 ;
 ;
 (-);
 16 2019 . , ISO/IEC -
 -
 « - », -
 «Artificial intelligence.
 Concepts and terminology»
 «Artificial intelligence. Concepts and
 terminology» -
 -
 ,
 AI, AI -
 -
 -
 ISO/IEC ISO/IEC -
 ISO/IEC AI -
 , 2021 .

ISO/IEC
Information Technology – Artificial
Intelligence (AI) – Overview of Computational Approaches for AI Systems,
AI.

5 «

(SC 42 Working Group 5 «Computational approaches and computational characteristics of AI systems»).

(. 14.1).



. 14.1.

14.2. Методы и средства искусственного интеллекта

()

. 14.2.

Логический подход.

IF « »).



. 14.2.

Методы самоорганизации и эволюционный подход.

неокончателных решений ((1972)

);

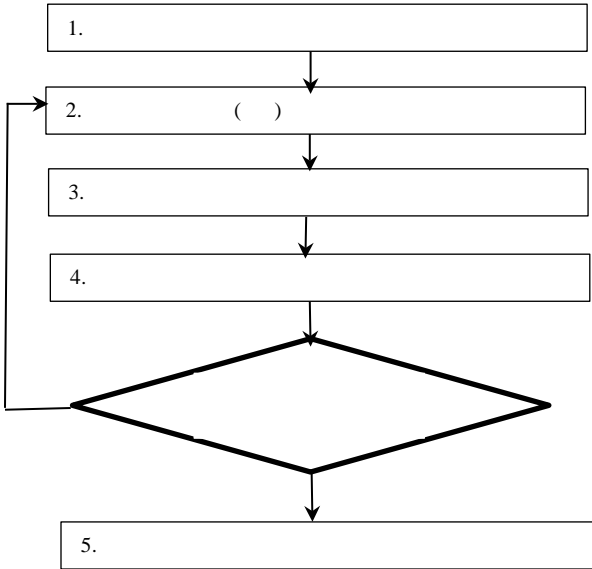
внешнего дополнения ((, , 1970)

);

массовой селекции (. . . -
 -
),
 , -
 . -
 , (-
). -
 : ,
 : -
 ,
метод группового учета аргументов (МГУА);
 ,
 ; -
 (), -
 , , -
 , :
 ;
 (, -
);
 , ; -
 ; -
 (. . . « » -
 ,).

Эволюционное моделирование (, 1969; , 1979; , 1991) -

, (.14.3).



. 14.3.

, . 14.3 ,

: (-

(, , 1976; - , 1979);

« », . . ;

« » (-), « » ,

Структурный подход и нейросетевое моделирование. Структурным подходом

– нейросетевому моделированию, (, 1990, 1998; , 1992; ., 1997). (, 1996; , 2001), [37].

1943 . « ».

1971). – (, 1965; , 1962 . ,)

« »

(),

Тест Тьюринга – ,

70

,

:

,

()

,

(.14.4).



.14.4.

,

,

(

) – Imitation Game ().

:

« » (

).

Twitter. « » 25 « » 30

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Excel, Matlab Weka, SASTM Enterprise Miner, ()

() , -
, , -
. -
. , -
, , -
, -
, -
, -
« » , -
. -
, -
, -
, -
« » -
. -
, -
() , -
. -
, -
(-
) . -
, -
» (« » -
, « » -
, « » -
) . -
, -
. -
, -

6.					?	
7.				Data Mining	?	-
8.						
9.	?			?		-
10.			?			
11.					?	
12.			?			
13.				?		-
14.	?		?			-
15.	?				?	
16.						-
17.				?		-
18.						
19.	?		,			-
20.					?	-
21.	Data Mining.					-
	,			Data Mining		-

1. Excel. /
 , 2019. – 386 c. /
2. /
3. Python. -
 / -
4. : , 2019. – 368 c.
 Microsoft SQL Server 2005 Analysis Services. OLAP -
 / : BHV, 2007. – 928 c.
5. STATISTICA: + CD / : , 2015. –
 288 c.
6. -
7. / : , 2009. – 168 .
8. Microsoft Excel / : , 2006. – 320 c.
 MATHCAD +
9. CD / : , 2011. – 224 c.
10. / , : , 2012. –
 310 c.
11. : , 2013. –
 587 c.
12. Mathcad: /
13. : , 2016. – 224 c.
14. // : B. / -
 - 49 (1). – . 189–191. -
15. : : , 1999. – 143 . -
16. : , 1997. – 368 . /
17. : : , 2015. –
 104 c.
18. / R : , 2012. – 108 c. R /
19. : , 2016. – 588 c.
20. : () /
21. : , 2017. – 240 c.
22. / ,
 : , 2009. – 278 c.

20. MS Excel: /
 21. , 2018. – 80 c.
 22. , 2012. – 308 c.
 23. / , 2018. – 160 c.
 24. : , 2016. – 498 c.
 25. Python / . – : , 2015. –
 482 c.
 26. / , 2018. – 212 c.
 27. « » , 2009. – 256 c.
 28. / . – :
 , 2019. – 328 c.
 29. in silico:
 / . –
 : , 2009. – 535 c.
 30. R
 () / . – : , 2015. – 496 c.
 31. // / . – :
 2013. – 128 c.
 32. / . –
 : , 2016. – 174 c.
 33. []:
 / . – : https://www.docme.ru/doc/1155653/882.modeli-i-metody--intellektual_nogo-analiza-dannyh--u... –
 06.04.2019.
 34. []:
 / . – : http://sa.technolog.edu.ru/repository/iad_iadl.pdf – : 06.04.2019.
 35. Apache Kafka. / . –
 : , 2019. – 320 c.
 36. IMB SPSS Statistics 20 AMOS:
 / . – : , 2013. – 416 c.
 37. / . – :
 2012. – 392 c.
 38. : /
 , 2018. – 320 c.

39. 2017 . 8. – []: 21
: <http://president.gov.by/ru/>. – : 06.04.2019.
40. 2012–2020 []:
21 2018 . 208 // . – . –
: <http://www.pravo.by/document/>. – : 06.04.2019.
41. , , 2012. – . 3:
– 623 c.
42. , SPSS
/ , – : , 2018. –
200 c.
43. , : –
/ : , 2010. – 292 c.
44. , /
// – 2016. – . 10, 3 (57). – . 119–142.
45. , . Data mining,
/ : SmartBook, 2018. – 352 c.
46. , : –
/ : , 2008. – 400 c.
47. , : /
. – : – « », 2013. – 312 c.
48. , / – 2- –
: , 2016. – 495 c.
49. , , 2008. – 400 c. /
50. ,
- MATLAB / – : BHV, 2016. – 384 c.
51. , :
[/]: / :
. . . . : <https://ru.b-ok.org/book/3637836/3bca77>. –
: 06.04.2019.
52. , / , –
: , 2016. – 368 c.
53. , : Excel /
. – : , 2019. – 461 c.
54. , :
/ ; – - - : , 2010. –
236 c.
55. , /
. . . . : « », 2013. – 168 c.
56. , []: –
/ : [http://elib.bsu.by/handle/123456789/114127?mode=](http://elib.bsu.by/handle/123456789/114127?mode=full)
full. – : 06.04.2019.

1.	.....	3
2.	.....	6
3.	.....	10
4.	.....	16
5.	.....	20
6.	.....	24
7.	.....	30
8.	.....	34
9.	.....	45
10.	.....	51
11.	.....	57
12.	.....	64
13.	.....	70
14.	.....	78
	.....	86
	.....	98
	.....	100
	.....	102

Буць

*Е. В. Ширалиева
Н. Л. Якубовская*

30.06.2021. $60 \times 84^{1/16}$.
« » . . . 6,28. . . . 5,74.
35

« 1/52 09.10.2013. . . . ».
. . . . , 13, 213407,
« , 5, 213407, ».