

УДК 519.673:613.25

СИНТЕЗ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ОЖИРЕНИЯ

Е. В. Высоцкая

Кандидат технических наук, доцент*

А. П. Порван

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник*

Д. А. Амбросов*

А. С. Доброродная*

И. С. Доброродная*

*Кафедра биомедицинских электронных устройств и систем

Харьковский национальный университет

радиоэлектроники

пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166

У статті пропонується діагностична модель диференціації стадій ожиріння у пацієнтів з артеріальною гіпертензією, отримана в результаті дискримінантного аналізу даних клінічних інструментальних і лабораторних досліджень

Ключові слова: дискримінантний аналіз, територіальна карта, ожиріння

В статті пропонується діагностична модель диференціації стадій ожиріння у пацієнтів з артеріальною гіпертензією, отримана в результаті дискримінантного аналізу даних клінічних інструментальних і лабораторних досліджень

Ключевые слова: дискриминантный анализ, территориальная карта, ожирение

In this paper a diagnostic model for the derivation of the patients adiposity stages with arterial hypertension, resulting from discriminant analysis of clinical and laboratory research too is proposed

Keywords: discriminate analysis, territorial map, adiposity

1. Введение

Ожирение – хроническое многофакторное гетерогенное заболевание, которое характеризуется избыточным накоплением жировой ткани в организме [1]. Ожирение является неблагоприятным фактором риска развития значительного количества заболеваний и патологических состояний, которые ассоциируются с метаболическими нарушениями, к которым относятся артериальная гипертензия (АГ), ишемическая болезнь сердца, инсулинорезистентность, сахарный диабет второго типа [2].

Избыточная масса тела, ожирение и связанные с ними факторы риска таких неинфекционных заболеваний, как ишемическая болезнь сердца, сахарный диабет, инсульт и гипертония, рассматриваются одной из главных причин заболеваемости и смертности во всем мире. Более миллиарда жителей планеты имеют избыточный вес или ожирение. Так в США 55% взрослых имеют избыточную массу тела и почти 1/4 страдает от ожирения. Эпидемия избыточной массы тела и ожирения приносит значительный ущерб как отдельным лицам, так и всему обществу, поскольку повышает риск заболеваний и смерти, стоимость лечения, понижает социальный статус и возможности получения образования и трудоустройства.

2. Анализ литературных источников и постановка проблемы

По данным Фрамингемского исследования выявлена высокая частота сочетания ожирения и АГ.

Ожирение не только способствует развитию и прогрессированию АГ, но также является фактором рефрактерности лечебного эффекта при антигипертензивной терапии.

Новые данные научных исследований представляют жировую ткань как эндокринный и паракринный элемент, способный влиять на другие органы и системы. При ожирении происходит не только пролиферация и гипертрофия адипоцитов, но и инфильтрация их макрофагами с развитием заболевания, в связи с чем, изменяется их метаболическая активность.

Актуальным направлением изучения генеза и влияния метаболических нарушений в формировании и прогрессировании гипертензии, метаболического синдрома, ишемической болезни сердца, сахарного диабета второго типа является исследование гормоноподобных субстанций – адипокинов, биологически активных белков, которые экспрессируются и секретируются адипоцитами.

Одним из приоритетных направлений в борьбе с распространением ожирения является разработка принципиально новых методов и систем ранней диагностики ожирения, а также определение прогностически значимых факторов его формирования. В то же время все большее значение приобретают прикладные аспекты разработки медицинских информационных систем и информационных технологий, которые позволили бы в комплексе решать сложные диагностические задачи.

Существует метод определения степени ожирения на основании расчетов индекса массы тела (ИМТ) по формуле:

$$\text{ИМТ}(\text{кг}/\text{м}^2) = \text{масса тела}(\text{кг})/\text{рост}(\text{м}^2).$$

Согласно величине ИМТ определяют степень ожирения и степень риска сердечно-сосудистых событий, а именно при ИМТ < 18,5 кг/м² говорят о наличии дефицита массы тела и низкой степени риска появления осложнений. Значение ИМТ, которое наблюдается в пределах 18,5-24,9 кг/м², свидетельствует о нормальной массе тела и низком риске осложнений. Когда рассчитанное значение ИМТ > 25,0 кг/м², то можно констатировать повышенную массу тела и средний риск появления осложнений. Рассчитанное значение ИМТ в пределах 25,0-29,9 кг/м² свидетельствует об избыточной массе тела и повышенном риске осложнений. Ожирение первой и второй степени констатируется, когда значение ИМТ лежит в пределах 30,0-34,9 кг/м² и 35,0-39,9 кг/м² соответственно. При этом говорят об умеренном и значительном риске осложнений. Если ИМТ ≥ 40,0 кг/м², то говорят об ожирении третьей степени и очень значительном риске развития осложнений.

Этот способ позволяет диагностировать степень ожирения и определять риск развития сердечно-сосудистых осложнений (инфаркта миокарда, инсульта, атеросклероза) и используется как основа для установления и стратификации индивидуумов с разным риском сердечно-сосудистых событий с целью более активной (агрессивной) немедикаментозной и медикаментозной коррекции сердечно-сосудистых событий.

Однако при оценивании степени ожирения не учтены такие факторы нарушений метаболизма, как наличие нарушений углеводного обмена и дисбаланс системы гормонов жировой ткани (адипокинов). Нарушения в системе адипокинов способствует прогрессированию ожирения и последующему формированию сердечно-сосудистой патологии.

Для однозначной идентификации того или иного диагностического процесса в последнее время широкое распространение получили статистические методы и модели. Так, применение методов, основанных на определении вероятностей присутствия информативных признаков при диагностике заболеваний сердечно-сосудистой системы, показало достаточно высокую эффективность [3-10].

Наибольшее распространение среди этих методов получили регрессионный, кластерный и дискриминантный анализы.

Используя методы регрессионного анализа, можно достаточно точно выявить факторы, оказывающие существенное влияние на результирующий показатель, а также определить силу и направленность этого влияния. Однако синтезированные модели могут оказаться неточными или, в случае сложных моделей, переобученными, что снижает эффективность их использования.

Применение кластерного анализа позволяет сопоставить объекты моделирования по их качественным характеристикам, агрегировать экспертные оценки текущего и прогнозируемого уровней развития объектов и т.д. Несмотря на свои широкие возможности, использование данного метода требует значительной затраты времени и сил для проведения соответствующих расчетов, а полученные результаты группирования не всегда адекватно интерпретируются, особенно если

информативные признаки, характеризующие объекты исследования, были достаточно разнородны.

Указанные выше недостатки позволяют в большей мере устранить дискриминантный анализ, дающий возможность быстро и качественно классифицировать исследуемые объекты и синтезировать адекватную математическую модель. Данный метод математического анализа имеет следующие преимущества: учитывается вариабельность рассматриваемых показателей, взятых со своими коэффициентами, отражающими удельный вес влияния каждого показателя на определение диагноза [12, 13].

3. Цель исследования

В связи с вышеизложенным целью нашей работы является применение дискриминантного анализа для синтеза математической модели диагностики степени ожирения у пациентов с АГ.

4. Результаты эксперимента и их обсуждение

Для построения математической модели дифференциации стадии ожирения была исследована совокупность объектов (220 пациентов), которая разделялась на пять групп: 1-я группа - пациенты с нормальной массой тела (43 обследованных); 2-я группа - пациенты с избыточной массой тела (49 обследованных); 3-я группа - пациенты с ожирением 1-й степени (65 обследованных); 4-я группа - пациенты с ожирением 2-й степени (39 обследованных); 5-я группа - пациенты с ожирением 3-й степени (24 обследованных). Всем пациентам было проведено комплексное обследование, которое включало измерение антропометрических показателей, основных показателей углеводного и липидного спектров и системы адипокинов (в общем 37 клинико-лабораторных признаков), на основании которых были определены наиболее значимые для выявления принадлежности объектов (пациентов) к одной из предполагаемых групп.

Перед проведением дискриминантного анализа был рассчитан оптимальный объем выборки для построения адекватной математической модели. По данным нашего исследования необходимый объем выборки при уровне значимости $\gamma = 0,95$ и значении предельной ошибки выборки $\Delta_{\omega} = 5-6\%$ составил:

$$n_{\omega} = \frac{t^2 \cdot \omega \cdot (1 - \omega)}{\Delta_{\omega}} = 138 - 224,$$

где t – стандартизированный коэффициент Стьюдента.

В случае дифференциации пяти стадий ожирения необходимы четыре дискриминантные функции:

$$\begin{aligned} DF_1(X) &= 0.552 \cdot x_1 - 0.007 \cdot x_2 + 0.042 \cdot x_3 - 0.180 \cdot x_4 + \\ &+ 0.043 \cdot x_5 + 0.006 \cdot x_6 - 0.008 \cdot x_7 + 0.003 \cdot x_8 - \\ &- 0.002 \cdot x_9 - 0.112 \cdot x_{10} + 0.151 \cdot x_{11} - 17.424, \\ DF_2(X) &= -0.004 \cdot x_1 + 0.031 \cdot x_2 + 0.252 \cdot x_3 + 2.327 \cdot x_4 \\ &+ 0.042 \cdot x_5 - 0.014 \cdot x_6 - 0.049 \cdot x_7 + 0.026 \cdot x_8 + \\ &+ 0.006 \cdot x_9 - 1.500 \cdot x_{10} + 0.526 \cdot x_{11} - 2.634, \end{aligned}$$

$$DF_3(X) = -0.085 \cdot x_1 + 0.053 \cdot x_2 + 0.218 \cdot x_3 + 1.780 \cdot x_4 - 0.082 \cdot x_5 - 0.031 \cdot x_6 + 0.156 \cdot x_7 - 0.130 \cdot x_8 + 0.001 \cdot x_9 + 0.245 \cdot x_{10} - 0.078 \cdot x_{11} - 1.092,$$

$$DF_4(X) = -0.023 \cdot x_1 - 0.016 \cdot x_2 + 0.175 \cdot x_3 - 0.474 \cdot x_4 + 0.612 \cdot x_5 + 0.013 \cdot x_6 + 0.020 \cdot x_7 + 0.149 \cdot x_8 - 0.002 \cdot x_9 + 0.342 \cdot x_{10} + 0.374 \cdot x_{11} - 3.098.$$

На основании значений дискриминантных функций строится территориальная карта, на которой отображено распределение на области, определяющие принадлежность к той или иной группе. Математическая обработка результатов проводилась с использованием пакета программ SPSS 17. Расчет методом дискриминантных функций позволил определить 11 прогностически значимых признаков для диагностики стадии ожирения.

Был проведен тест «λ-Уилкса» для определения значимости различий между средними значениями дискриминантах функций во всех группах, который показал значимый результат между первой и четвертой функциями $p < 0,0001$ и не значимый между остальными функциями.

Соответственно можно сделать вывод, что для дифференцирования степени ожирения достаточно взять две дискриминантные функции – $Df_1(X)$, $Df_4(X)$.

Таким образом, если отобразить состояние пациентов с различными стадиями АГ на координатной плоскости (DF_1 , DF_4) согласно рассчитанным значениям дискриминантных функций, образуется пять дискриминантных классов (рис. 1).

Точность прогнозирования представлена в табл. 1, где в колонке «Всего» приведено общее количество случаев отнесения объекта (пациента) к соответствующей группе: 43 пациента с нормальной массой тела, 49 - с избыточной, 65 - с ожирением 1-ой степени, 39 - 2-ой степени, 24 - 3-ей степени.

В колонке «Прогнозируемая принадлежность» указано фактическое количество случаев, относящееся к каждой группе.

Так, к группе с нормальной массой тела был отнесен 1 пациент с избыточной массой тела, к группе с избыточной массой тела 1 пациент с нормальной массой тела и 2 с 1 стадией ожирения, к группе с первой стадией ожирения было ошибочно отнесено 2 пациента с избыточной массой тела с первой и второй стадией ожирения, в группу третьей стадии ожирения был ошибочно отнесен пациент со второй стадией; все пациенты третьей стадии ожирения были определены безошибочно.

Анализ результатов классификации показал, что прогноз для групп 1 (нормальная масса тела), 2 (избыточная масса тела), 3 (ожирение 1-ой степени), 4 (ожирение 2-ой степени) и 5 (ожирения 3-ей степени) сделан верно.

Ошибка классификации составила 3,63%. Мерой удачного распределения на группы были корреляционные коэффициенты между рассчитанными значениями дискриминантных функций и показателями принадлежности к группам, которые приведены в табл. 2.

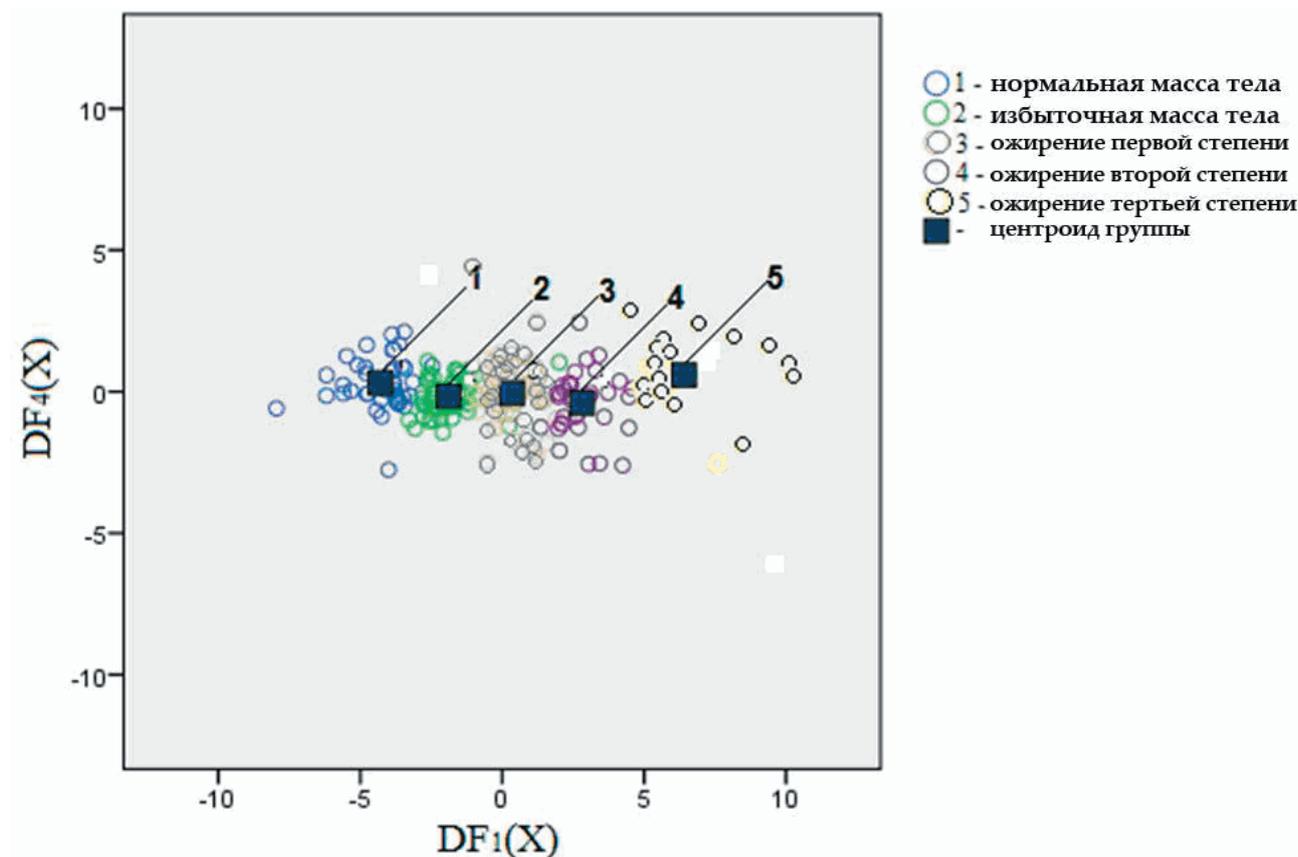


Рис. 1. Диаграмма рассеяния случаев исследуемых групп пациентов

Таблица 1

Результаты классификации

	Степень ожирения, кг/м ²	Прогнозирующая относительность к группе					Всего
		Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4	Группа 5	
Количество	<25	42	1	0	0	0	43
	25-29,9	1	46	2	0	0	49
	30-34,9	0	2	62	1	0	65
	35-39,9	0	0	1	38	0	39
%	>40	0	0	0	0	24	24
	<25	95,1	4,9	0,0	0,0	0,0	100,0
	25-29,9	2,1	93,6	4,3	0,0	0,0	100,0
	30-34,9	0,0	3,2	95,2	1,6	0,0	100,0
	35-39,9	0,0	0,0	2,8	97,2	0,0	100,0
	>40	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0

Таблица 2

Собственные значения

Функция	Собственные значения	% дисперсия	Общий %	Каноническая корреляция
1	10,396	98,3	98,3	0,955
2	0,091	0,9	99,2	0,289
3	0,074	0,7	99,9	0,262
4	0,012	0,1	100,0	0,109

Выводы

Полученные собственные значения приведены в порядке убывания их величин. Величина собственного значения связана с дискриминантными возможностями функции: чем больше собственное значение, тем лучше различие. Таким образом, первая функция имеет наибольшие дискриминантные возможности, вторая - обеспечивает максимальную разницу после первой.

Качественная оценка плотности связи r_{xy} величин X и Y была установлена на основе шкалы Чеддока. Оценка значений коэффициентов корреляции показывает, что обе дискриминантные функции показывают достоверные результаты оценки ожирения и распределения пациентов между группами.

Полученные, дискриминантные функции позволяют провести корректную дифференциацию стадий ожирения по 11-ти информативным (прогностическим) признакам.

Таким образом, авторами разработана математическая модель, позволяющая классифицировать гипертонивных пациентов с различной степенью ожирения.

Впервые были использованы количественные характеристики результатов клинико-лабораторной диагностики изменений углеводного обмена, обмена липидов, адипокинов, которые позволили объективизировать исследование и получить прогностически значимые показатели, играющие основную роль в формировании и прогрессировании ожирения у пациентов с АГ.

Применение разработанной модели в информационной системе диагностики ожирения у пациентов с АГ позволит повысить качество и эффективность диагностирования.

Литература

1. Шутова, В.И. Ожирение, или синдром избыточной массы тела [Текст] / В.И. Шутова // Медицинские новости – 2004. - № 7. - С. 41-47.
2. Кушаковский, М.С. Гипертоническая болезнь (эссенциальная гипертензия): Причины, механизмы, клиника, лечение [Текст] / М.С. Кушаковский. – СПб.: СОТИС, 1995. – 309 с.
3. Рак, Л.И. Информационная технология определения систолической дисфункции миокарда у подростков [Текст] / Л.И. Рак, Е.В. Высоцкая, А.П. Порван, В.Г. Антоненко [и др.] // Проблемы информационных технологий. – 2011 – № 1(009). – С. 138 - 145.
4. Солошенко, Е.М. Порівняльний аналіз вмісту мікроелементів у сироватці крові, еритроцитах, сечі та волоссі у хворих на псоріаз [Текст] / Е.М. Солошенко, Н.В. Жукова, О.В. Висоцька [та ін.] // Дерматологія. Косметологія. Сексопатологія. – 2010. - №1-2. - С.41-44.
5. Высоцкая, Е.В. Выявления десинхроноза функционирования сердечно-сосудистой системы организма человека [Текст] / Е.В. Высоцкая, А.П. Порван, Е.В. Кулиш // Український журнал телемедицини та медичної телематики – 2010. - Т.8, №2. - С.228-231.
6. Высоцкая, Е.В. Определение функций выживания и рисков коронарной смерти пациентов с инфарктом миокарда [Текст] / Е.В. Высоцкая, А.И. Бых, В.В. Никонов, С.В. Нужнова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Серия «Математика и кибернетика – фундаментальные и прикладные аспекты». – 2009. - № 4/8 (40). – С. 11-15.
7. Высоцкая, Е.В. Выбор метода восстановления пропущенных данных для оценки сердечно-сосудистой деятельности подростков [Текст] / Е.В. Высоцкая, А.И. Бых, Л.И. Рак, А.П. Порван [и др.] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Серия «Информационные технологии». № 3/4 (45). – 2010. – С. 4-7.
8. Vysotskaya, E.V. Diagnosis of systolic dysfunction in adolescents / E.V. Vysotskaya, I.I. Rak, A.P. Porvan // Nauka I Studia. - 2012. - №3 (48). - P. 64-72.

9. Высоцкая, Е.В. Методика определения систолической дисфункции миокарда у подростков [Текст]/ Е.В. Высоцкая, А.П. Порван, Л.И. Рак [та ін.] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий.- 2012.- №1/3(55).- С. 27-31.
10. Порван, А.П. Оцінка функціонального стану бета-адренорецепторів еритроцитів людини при артеріальній гіпертензії методом КВЧ – діелектрометрії [Текст] / А.П. Порван, Е.А. Архипова, П.С. Красов, Высоцкая Е.В. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Серия «Прикладные информационные технологии и системы управления». № 6/7 (42). – 2009. – С. 17-21.
11. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ [Текст] / Дж. Ш. Ким, Ч.У. Мюллер, У.Р. Клекка [и др.]; под ред. И.С. Енюкова. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.
12. Порван, А.П. Использование дискриминантного анализа для диагностики хронической сердечной недостаточности у подростков [Текст] / А.П. Порван, А.И. Бых, Л.И. Рак, Е.В. Высоцкая // Вестник национального технического университета «ХПИ»- Харьков: НТУ «ХПИ». – 2010. - №31.– С. 16-22.
13. Шукин, Н.А. Использование дискриминантного анализа для диагностики доброкачественных и злокачественных опухолей [Текст] / Н.А. Шукин, Е.В. Высоцкая, А.П. Порван, С.Н. Пушкарь // Системы обработки информации. –2011.- № 2(92). - С. 234-238.

Пропонується метод оцінки та підвищення адаптивності й достовірності імовірнісної моделі оцінки живучості системи захисту шифрування при рішенні спеціальних завдань моніторингу інформаційного простору

Ключові слова: живучість, імовірнісна модель, моніторинг, функціональність

Предлагается метод оценки и повышения адаптивности и достоверности вероятностной модели оценки живучести системы защиты шифрования при решении специальных задач мониторинга информационного пространства

Ключевые слова: живучесть, вероятностная модель, мониторинг, функциональность

The method of estimation and increase of adaptive-ness and authenticity of probabilistic model of estimation vitality of the system defence of encipherement at the decision of the special tasks of monitoring the informative space is offered

Keywords: vitality, probabilistic model, monitoring, functionality

УДК 004.738.5:681.14, 621.396:681.14-2:004.621

ОЦІНКА ЖИВУЧОСТІ СИСТЕМ МОНІТОРІНГУ ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ

Н. Ф. Казакова

Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра інформаційних систем в економіці
Одеський національний економічний університет
вул. Преображенська, 8, м. Одеса, Україна, 65082
Контактний тел.: (048) 703-64-18, 050-512-98-99,
094-955-94-18
E-mail: kaz2003@ukr.net

Постановка проблеми в загальному вигляді і її зв'язок з науковими і практичними завданнями

З початку своєї історії *комп'ютерні технології*, тобто технології, що відповідають за зберігання, передачу, обробку, захист та відтворення інформації з використанням комп'ютерів [1], застосовувалися суто для військових цілей і, перш за все, були направлені на зниження впливу людського чинника на процеси ухвалення рішень. На поточний час збереглася актуальність розвитку комп'ютерних технологій стосовно їх використання у системах моніторингу спеціального призначення [2], які функціонують в автоматичному або напівавтоматичному режимах. З самого початку військово застосування комп'ютерів у системах моніторингу інформаційно-

го простору мало на увазі, перш за все, реєстрацію зовнішніх подій, їх обробку та подальшу передачу даних для ухвалення рішень. Зараз *системи моніторингу* – це достатньо широкий клас систем з розширеною функціональністю. В подальшому будемо розуміти, що системами *моніторингу спеціального призначення* (СМСП), які базуються на комп'ютерних технологіях, є такі системи, які функціонують у складі інформаційних мереж загального та/або спеціального використання, та призначені для систематичного отримання, зберігання, передачі, обробки, захисту та достовірного відтворення інформації з заданими властивостями або параметрами про встановлений об'єкт на інтервалах часу, які нерозривно примикають один до одного, протягом яких стан об'єкту істотно не змінюється, з метою прийняття