

*Білик О. О.,  
кандидат технічних наук, доцент, проректор з науково-педагогічної роботи та  
моніторингу освіти Комунального вищого навчального закладу «Вінницька  
академія неперервної освіти»*

## **ВІЗУАЛЬНІ МОДЕЛІ ДАНИХ МОНІТОРИНГОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

**Актуальність та постановка проблеми.** Моніторинг об'єктів передбачає збирання, оброблення, зберігання й аналіз даних про їх стан [1]. На етапі збирання даних здійснюється перший крок до абстрагування від конкретної дійсності, коли із множини способів опису об'єктів моніторингу вибирається один, що характеризується певним набором ознак, за допомогою якого об'єкти відокремлюються один від одного. Наборам ознак відповідають набори даних. Після збирання даних здійснюється їх аналіз, мета якого – видобути певні знання про об'єкт. Чим більше ознак, тим, з одного боку, повніше описуються об'єкти моніторингу, а з другого – важче видобувати з даних потрібну інформацію. Природно, що сприйняття великого масиву даних дуже утруднене, а отже, утруднений аналіз, і тому в таких випадках аналітичні дослідження здійснюються з використанням графічних методів [2]. Візуальні представлення даних (графіки, діаграми, гістограми, спектри, піктограми і мапи) здатні наочно показати відношення між ознаками, залишаючи кількісні характеристики за межами уваги аналітика. Однак відсутній системний підхід до побудови візуальних моделей даних, що іноді не дозволяє суттєво спростити аналіз через невдало вибрану візуальну модель.

Мета дослідження – спрощення аналізу даних моніторингу шляхом побудови їх візуальних моделей з урахуванням конкретних цілей аналізу.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Тривалий моніторинг об'єктів передбачає визначення певних моментів часу, коли здійснюється вимірювання й оцінювання стану об'єкта, тобто об'єкт описується своїми станами  $S_i$  в моменти часу  $t_i$ .

Сукупність станів об'єкта, одержаних упродовж усього часу моніторингу, будемо називати траєкторією об'єкта і позначати  $\Gamma = \{S_i, t_i\}$ . Кількість станів траєкторії будемо називати довжиною траєкторії і позначати  $l_\Gamma$ .

Практичний інтерес може становити аналіз не тільки всієї траєкторії, але й її окремих частин, що формуються протягом певних проміжків часу. В таких випадках траєкторію доцільно представляти як сукупність траєкторій меншої довжини:  $\mathbf{T} = \langle \mathbf{T}_1, \mathbf{T}_2, \dots, \mathbf{T}_n \rangle$ .

Кожний стан об'єкта може описуватися або абсолютними значеннями параметрів даного стану в кількості  $K_{ds}$  (статистичними даними  $S_i = \{p_{1i}, p_{2i}, \dots, p_{(K_{ds})i}\}$ ) або різницею значень параметрів сусідніх станів (динамічними даними  $S_i = \{\Delta p_{1i}, \Delta p_{2i}, \dots, \Delta p_{(K_{ds})i}\}$ ). Крім того, набір параметрів, що описує один стан, може бути упорядкованим чи неупорядкованим за значеннями.

У разі однопараметричного стану маємо одну траєкторію. Якщо ж стан об'єкта описується  $K_{ds}$  параметрами, то об'єкту може відповідати або  $K_{ds}$  окремих траєкторій з однопараметричними станами, або одна траєкторія з багатопараметричними станами.

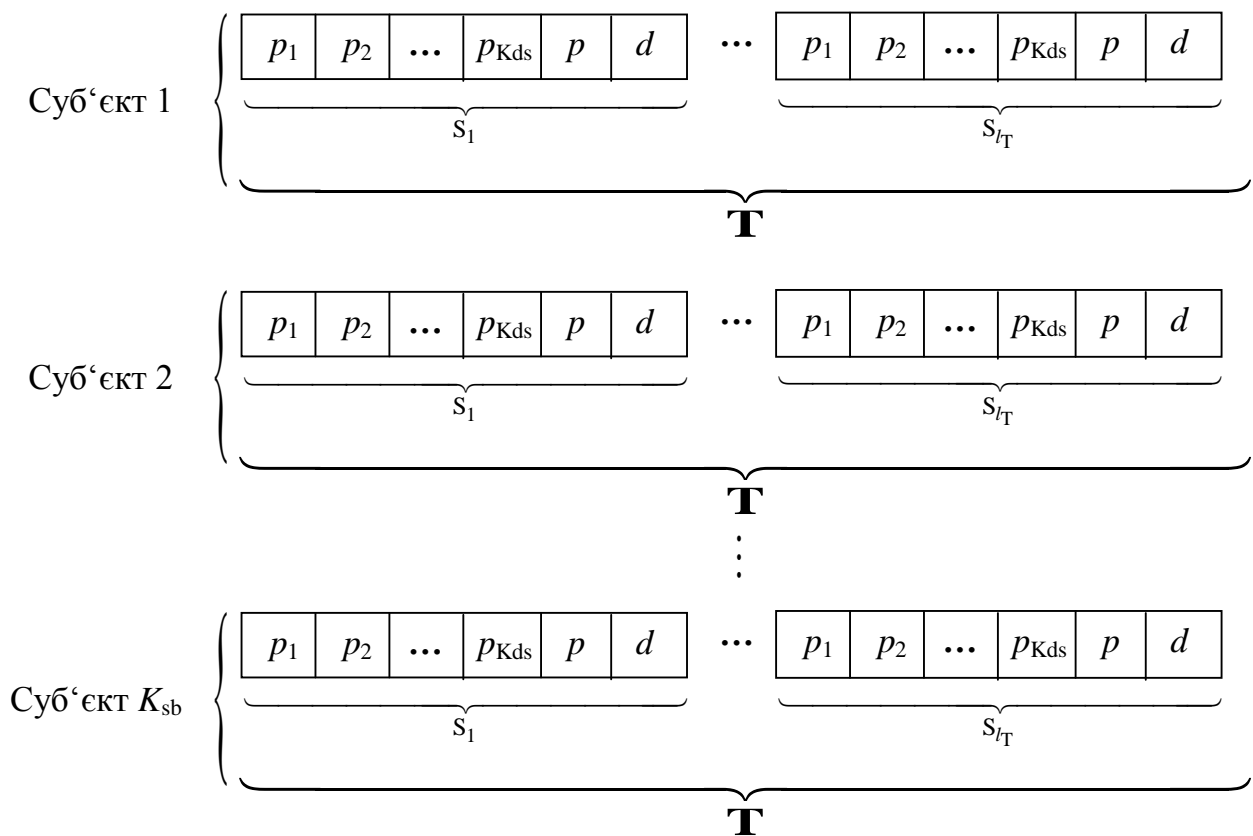
Також можлива ситуація, коли стани об'єкта оцінює не один, а кілька суб'єктів ( $K_{sb}$ ). Тоді можуть розглядатися або  $K_{sb}$  траєкторій, сформованих за результатами оцінювання станів об'єкта окремими суб'єктами, або одна траєкторія, що складається з результатів спільного оцінювання станів об'єкта всіма суб'єктами.

Таким чином, траєкторії одного об'єкта описуються узагальненою структурою даних, яку наведено на рис. 1.

Тут використовуються такі позначення:

$$p = \begin{cases} 1, \text{ якщо параметри стану упорядковані за значеннями;} \\ 0, \text{ в іншому випадку,} \end{cases}$$

$$d = \begin{cases} 1, \text{ якщо динамічні дані;} \\ 0, \text{ якщо статичні дані.} \end{cases}$$



**Рисунок 1 – Узагальнена структура даних траєкторії об'єкта**

Виходячи з цієї узагальненої структури даних, у статті розв'язується задача розробки формалізованої процедури для побудови візуальних моделей даних моніторингу, що спрощують аналіз цих даних.

### **Методика візуалізації даних моніторингу**

Для побудови візуальних моделей даних моніторингу пропонується такий метод.

1. Сформулювати задачу візуалізації, виходячи з наявних даних.

Уведемо в розгляд такі візуальні моделі даних моніторингу.

Візуальне представлення даних, що описують стан одного об'єкта (групи об'єктів), будемо називати портретом об'єкта (груповим портретом).

Формалізацією портрета об'єкта є простір візуальних елементів портрета  $V_{ЕПО}$  зі структурою відношень у ньому  $\lambda_{ПО}$ , тобто:

$$V_{ПО} = \langle V_{ЕПО}, \lambda_{ПО} \rangle.$$

Аналогічно описується груповий портрет:

$$V_{ПГ} = \langle V_{ЕПГ}, \lambda_{ПГ} \rangle,$$

де  $V_{\text{ЕПГ}}$  – простір візуальних елементів групового портрета;

$\lambda_{\text{ПГ}}$  – структура відношень у просторі  $V_{\text{ЕПГ}}$ .

Візуальне представлення даних, що описують траєкторію об'єкта (групи об'єктів), будемо називати альбомом об'єкта (груповим альбомом).

Альбому об'єкта відповідає така модель:

$$V_{\text{АО}} = \langle V_{\text{ЕАО}}, \lambda_{\text{АО}} \rangle,$$

де  $V_{\text{ЕАО}}$  – простір візуальних елементів альбому об'єкта;

$\lambda_{\text{АО}}$  – структура відношень у просторі  $V_{\text{ЕАО}}$ .

Груповий альбом описується простором  $V_{\text{ЕАГ}}$  візуальних елементів групового альбому і структурою відношень у ньому  $\lambda_{\text{АГ}}$ , тобто:

$$V_{\text{АГ}} = \langle V_{\text{ЕАГ}}, \lambda_{\text{АГ}} \rangle.$$

Портрет об'єкта, груповий портрет, альбом об'єкта і груповий альбом утворюють простір візуальних об'єктів  $V_{\text{obj}}$  зі структурою відношень у ньому  $\lambda_{\text{V}}$ :

$$V_{\text{obj}} = \langle V_{\text{ПО}}, V_{\text{ПГ}}, V_{\text{АО}}, V_{\text{АГ}}, \lambda_{\text{V}} \rangle.$$

Таким чином, узагальнена задача візуалізації даних моніторингу  $D$  полягає у реалізації відображення  $L_{\text{V}} : D \rightarrow V_{\text{obj}}$ .

Оскільки простір  $V_{\text{obj}}$  складається із чотирьох візуальних об'єктів, то цю задачу можна розглядати як чотири окремих задачі, кожна з яких полягає у побудові відповідного візуального об'єкта, а саме:

- задача «портрет об'єкта»

$$L_{\text{ПО}} : D_{\text{O}} \rightarrow V_{\text{ПО}},$$

де  $D_{\text{O}}$  – дані, що описують об'єкт моніторингу;

- задача «груповий портрет»

$$L_{\text{ПГ}} : D_{\text{Г}} \rightarrow V_{\text{ПГ}},$$

де  $D_{\text{Г}}$  – дані, що описують групу об'єктів моніторингу;

- задача «альбом об'єкта»

$$L_{\text{АО}} : D_{\text{O}} \rightarrow V_{\text{АО}},$$

- задача «груповий альбом»

$$L_{AG} : D_G \rightarrow V_{AG}.$$

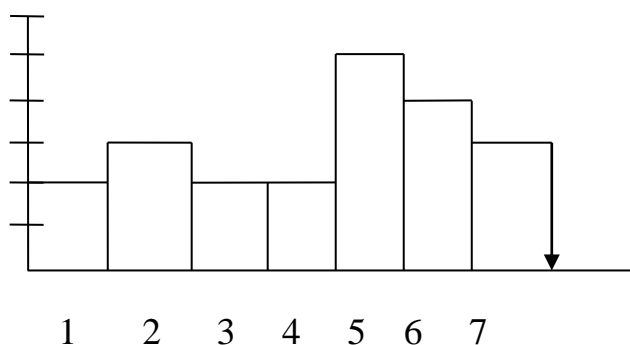
2. Вибрати структуру візуального об'єкта.

Кожен із візуальних об'єктів  $V_{ПО}, V_{ПГ}, V_{АОІ}$  і  $V_{AG}$  характеризується структурою, за якою поєднуються візуальні елементи. Причому структура впливає на вибір можливих просторів візуальних елементів.

Аналіз відомих візуальних представлень даних (графіки, діаграми, спектри, піктограми, мапи) показує, що їх побудова базується на таких структурах [3]:

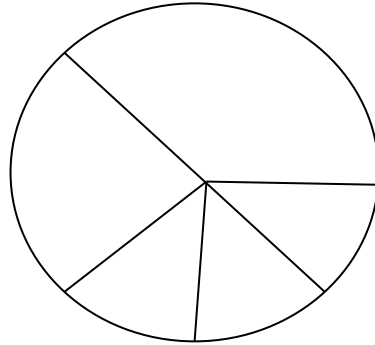
- лінійна;
- кругова;
- координатна;
- векторна;
- радіальна;
- матрична;
- з накладеннями;
- географічна «мапа»;
- «мапа даних».

Лінійна структура передбачає послідовне розташування візуальних елементів вздовж лінії. Характерною особливістю лінійної структури є можливість використання будь-яких геометричних фігур для побудови візуального об'єкта. Найвідомішим прикладом візуального об'єкта з лінійною структурою є гістограма (рис. 2).



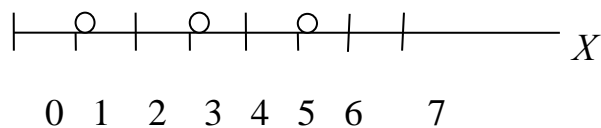
**Рисунок 2 – Візуальний об'єкт з лінійною структурою**

На відміну від лінійної, кругова структура передбачає використання тільки однієї геометричної фігури, а саме, кругового сектора. Прикладом візуального об'єкта із круговою структурою є кругова діаграма (рис. 3).

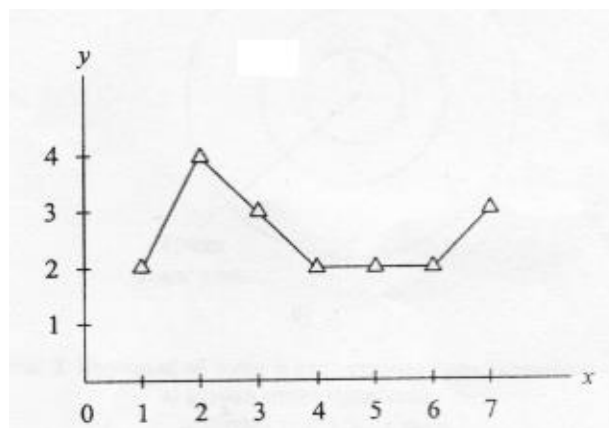


**Рисунок 3 – Візуальний об'єкт із круговою структурою**

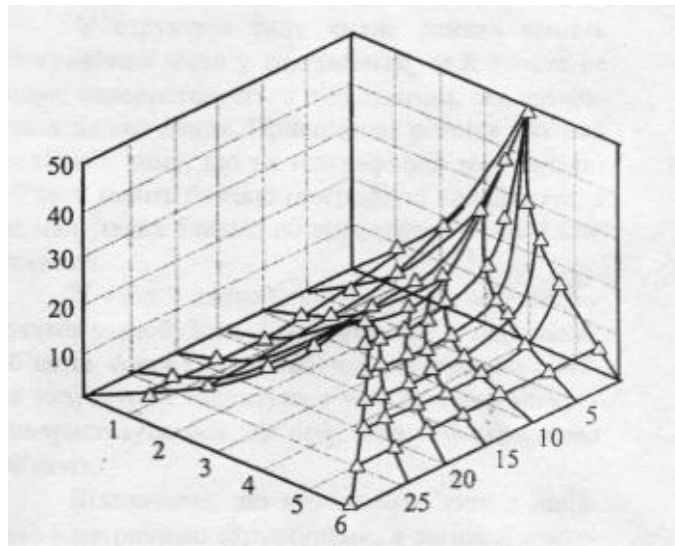
Координатна структура характеризується наявністю осей координат, відносно яких визначаються дані, що візуалізуються. Дискретні значення даних можуть зображатися будь-яким графічним елементом. Причому ці елементи можуть з'єднуватися лініями, утворюючи неперервне зображення. Ця структура може бути одновимірною, двовимірною і тривимірною (рис. 4).



**а)**



**б)**



в)

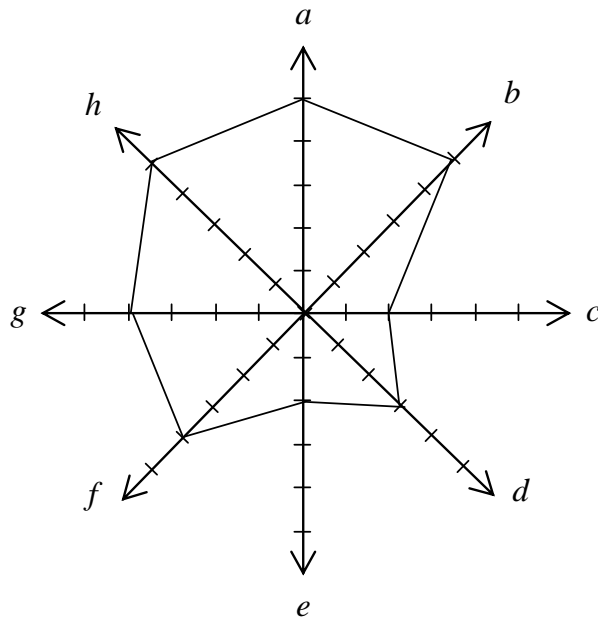
**Рисунок 4 – Візуальні об’єкти з координатною структурою: а) одновимірна структура; б) двовимірна структура; в) тривимірна структура**

Векторна структура утворюється з векторів, які виходять з одної точки і розташовані в одній площині. Кількість векторів  $n_V$  дорівнює кількості даних, які візуалізуються. Кут між векторами дорівнює  $360^0 / n_V$ . Наочним є зображення даних, коли кількість векторів  $n_V > 2$ . На кожному векторі є мітки, що відповідають дискретним значенням. Для побудови візуального об’єкта на кожному векторі ставиться точка на мітці, що відповідає заданому числовому значенню. Точки, розташовані на сусідніх векторах, з’єднуються лініями, утворюючи  $n_V$ -кутник (рис. 5).

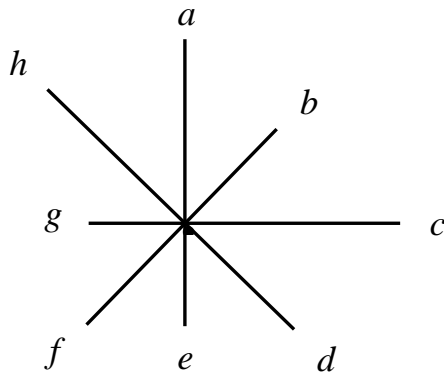
Радіальна структура утворюється із променів, які виходять з одної точки, розташовані в одній площині і мають довжину, що відповідає заданим числовим значенням (рис. 6). Кількість променів і кут між ними визначаються так само, як для векторної структури.

Матрична структура передбачає розташування візуальних елементів у вигляді матриці (рис. 7). При цьому як візуальні елементи можуть використовуватися будь-які геометричні фігури.

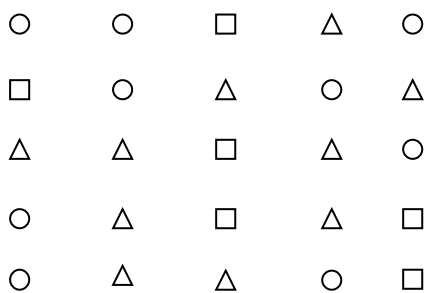
У структурі з накладенням візуальні елементи накладаються один на один з прив’язкою до певної точки (рис. 8).



**Рисунок 5 – Візуальний об’єкт з векторною структурою**



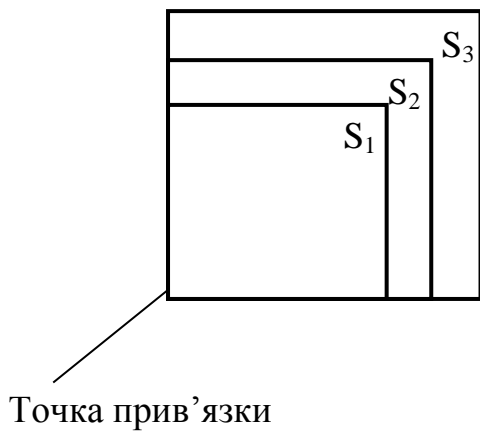
**Рисунок 6 – Візуальний об’єкт з радіальною структурою**



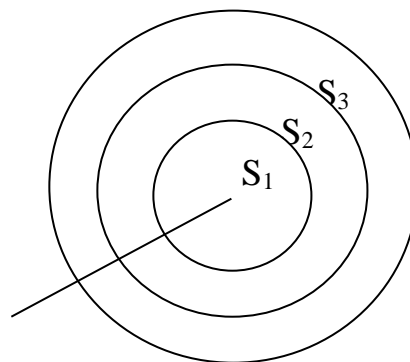
**Рисунок 7 – Візуальний об’єкт з матричною структурою**

Структура типу «географічна мапа» передбачає використання географічної мапи або іншої топологічної схеми як підкладки, на яку накладаються візуальні елементи або частини якої зафарбовуються певними кольорами. Така структура є арсеналом ГІС-технологій.





а)



Точка прив'язки

б)

**Рисунок 8 – Візуальні об'єкти зі структурою з накладенням: а) кутова точка прив'язки; б) центрова точка прив'язки**

У структурі типу «мапа даних» замість географічної мапи у тих задачах, де її просто не існує, використовується підкладинка, яка називається мапою даних. Принципова різниця цих мап полягає у тому, що на географічній мапі сусідні об'єкти мають близькі географічні координати, а на мапі даних близькі об'єкти мають близькі властивості.

У табл. 1 позначено структури, на яких базується побудова конкретних візуальних об'єктів. Аналіз даної таблиці показує, що лінійна структура і структура з накладенням можуть використовуватися для побудови усіх візуальних об'єктів.

Відзначимо, що візуальні об'єкти з лінійною і матричною структурами, а також зі структурою накладенням можуть будуватися не лише з використанням візуальних елементів, але й з використанням візуальних об'єктів.

**Таблиця 1 – Структури візуальних об'єктів**

Візуальний об'єкт	Структура								
	лінійна	кругова	координатна	векторна	радіальна	матрична	з накладенням	«географічна мапа»	«мапа даних»
Портрет	+	+		+			+		
Груповий портрет	+	+		+	+	+	+	+	+
Альбом	+		+			+	+		+
Груповий альбом	+		+			+	+		+

3. Визначити кількість дискретних значень для кожного із заданих діапазонів значень параметрів станів, що становлять дані моніторингу.

Значення параметрів станів, що становлять дані моніторингу, є числами, але вони можуть відображати або елементи шкал різних типів (порядкової, інтервальної, відношень) [4], або результати оброблення даних вимірювання з використанням цих шкал. Тобто мова може йти про абсолютні значення або про оброблені значення (відсотки, медіана, середнє арифметичне, середнє геометричне та ін.). Таким чином, візуалізації підлягають числа, що належать до певного діапазону. Наприклад, оцінка рівня знань з предмета може належати діапазонам від 1 до 5, від 1 до 10, від 1 до 12, а відсоток оцінок «5» – до діапазону від 0 до 100 %.

Кількість дискретних значень для одного і того ж діапазону може бути різною і визначається, виходячи з потрібної точності представлення даних.

4. Вибрати варіанти формування наборів візуальних елементів, виходячи зі структури візуального об'єкта і кількості дискретних значень.

Кожному числу із заданого діапазону має відповідати свій візуальний елемент, сукупність яких і буде утворювати простори  $V_{ЕПО}$ ,  $V_{ЕПГ}$ ,  $V_{ЕАО}$  і  $V_{ЕАГ}$ .

Розміри цих елементів або можуть бути незмінними, або змінюватись залежно від значення числа і задачі візуалізації.

Колір геометричного елемента визначається, виходячи із загальноприйнятого використання кольорів:

«зелений» – «норма» (усе гаразд);

«жовтий» – «увага» (є відхилення від норми, які мають викликати занепокоєність);

«червоний» – «тривога» (значні чи небезпечні відхилення від норми).

Тобто пропонується використовувати ці три кольори, а також проміжні кольори переходів від зеленого до жовтого і від жовтого до червоного.

Таким чином, візуальний елемент  $v_e$  описується трійкою:

$$v_e = v(g, r, c),$$

де  $g$  – геометричний елемент;

$r$  – розмір геометричного елемента;

$c$  – колір геометричного елемента.

Кількість різних візуальних елементів визначається за формулою:

$$N_v = N_g \cdot N_r \cdot N_c,$$

де  $N_g$  – кількість різних геометричних елементів;

$N_r$  – кількість використовуваних розмірів геометричних елементів;

$N_c$  – кількість використовуваних кольорів.

Потрібна кількість візуальних елементів визначається, виходячи з кількості чисел, що належать заданому діапазону.

5. Сформувані набори візуальних елементів.

Як візуальні елементи пропонується використовувати геометричні елементи певного розміру і певного кольору.

Пропонується такий набір геометричних елементів:

———— лінія;

●———— промінь;

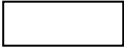




—+—+—+—> вектор з нанесеними на нього мітками;



трикутник (форма визначається числом і задачею);



квадрат;

	прямокутник горизонтальний;
	прямокутник вертикальний;
	п'ятикутник;
	круг;
	сектор (форма та орієнтація визначаються задачею).

6. Поставити у відповідність кожному дискретному значенню візуальний елемент.

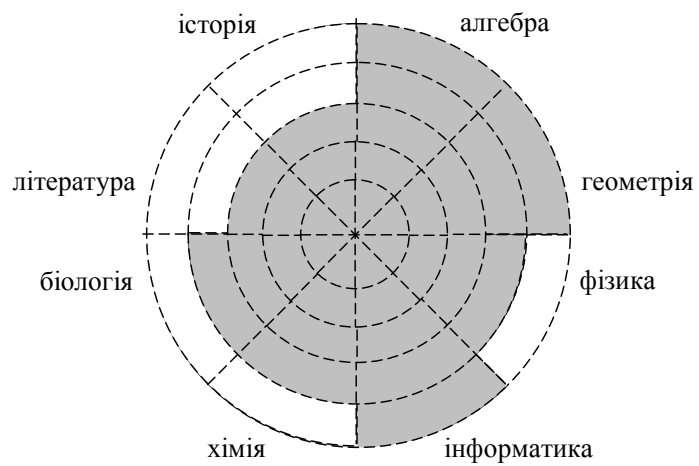
7. Поставити у відповідність кожному числу, що належить до даних моніторингу, візуальний елемент і сформувати з цих елементів структуру візуального об'єкта.

Приклади побудови візуальних об'єктів для оцінок успішності учнів.

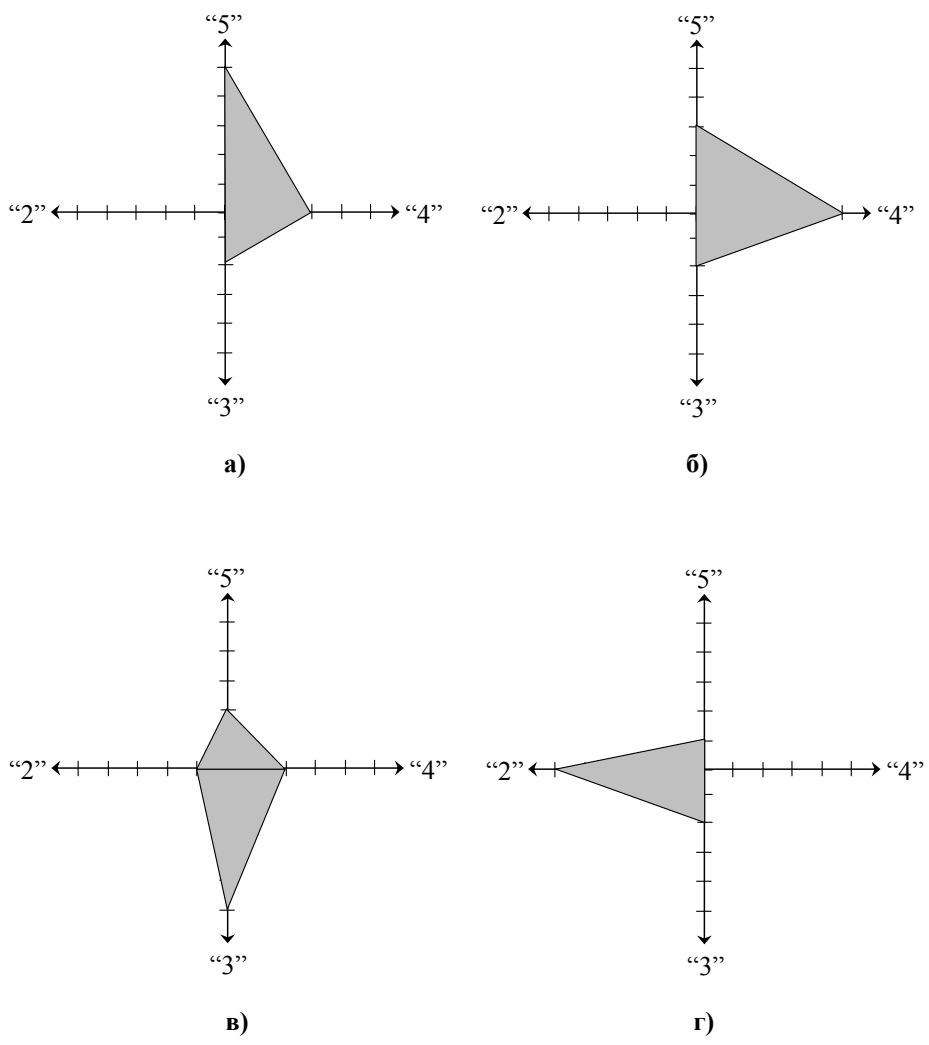
Нехай за результатами навчання протягом чверті учень має такі оцінки: алгебра – 5; геометрія – 5; фізика – 4; інформатика – 5; хімія – 4; біологія – 4; література – 3; історія – 3.

Для побудови портрета із круговою структурою використаємо два такі набори візуальних елементів. Перший набір складається із секторів одного кольору, але п'яти різних розмірів. Другий набір складається із секторів однакового розміру, але п'яти різних кольорів (рис. 9).

Прикладом портрета з векторною структурою є «флюгер» оцінок [184], який будується у такий спосіб. На чотирьох векторах (вектор «5», вектор «4», вектор «3» і вектор «1») точками відмічається кількість відповідних їм оцінок. З'єднанням цих точок одержується графічна фігура, що нагадує флюгер. Своїм довгим гострим кінцем «флюгер» показує на вектор оцінки, яка переважає у наборі оцінок. Права частини «флюгера» лежить у полі позитивних оцінок, а ліва – у полі негативних. На рис. 10 наведено «флюгери» для різних оцінок.



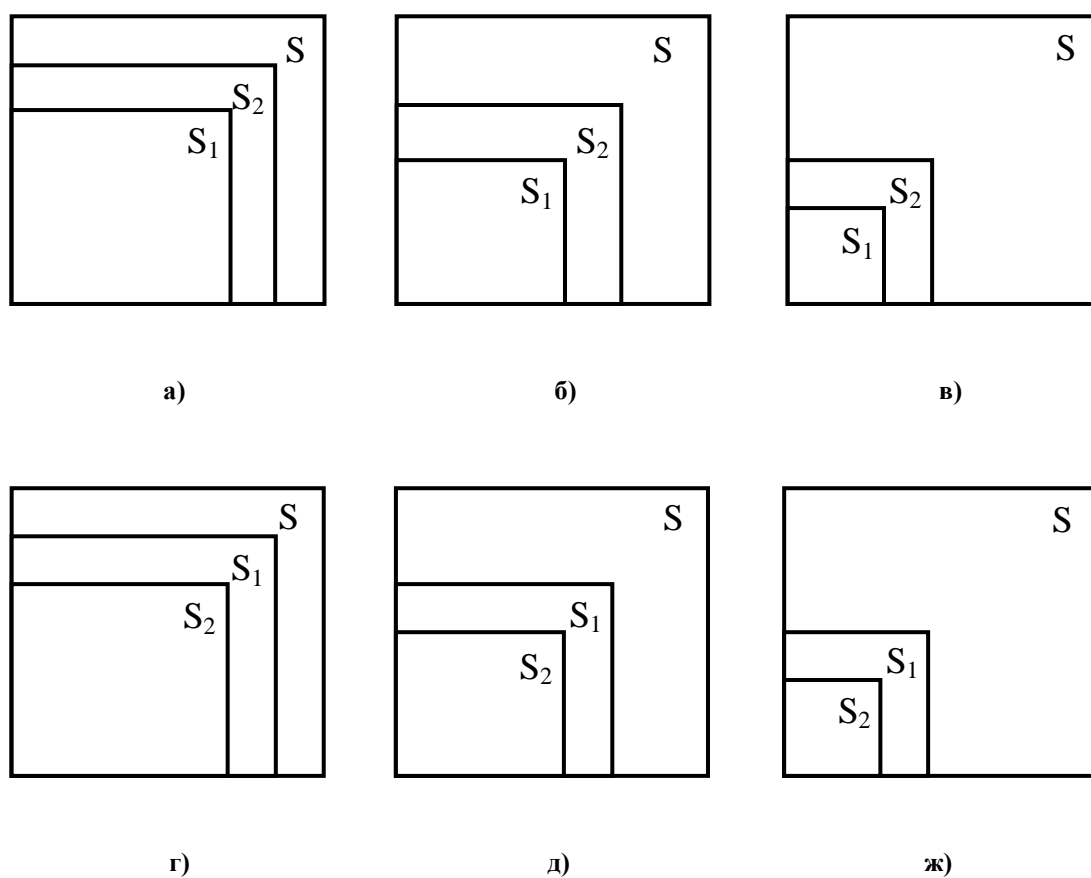
**Рисунок 9 – Портрет із круговою структурою**



**Рисунок 10 – Портрет з векторною структурою: а) «флюгер 5»; б) «флюгер 4»; в) «флюгер 3»; г) «флюгер 2»**

Портрет зі структурою з накладенням будується у тому випадку, коли є кілька оцінок стану об'єкта різними суб'єктами. Наприклад, є оцінка потенційних можливостей учня, самооцінка  $q_1$  учня і оцінка  $q_2$  учня вчителем. Якщо як візуальний елемент взяти квадрат, то кожній оцінці можна поставити у відповідність квадрат площею, що пропорційна значенню цієї оцінки, тобто  $q \rightarrow S$ ,  $q_1 \rightarrow S_1$ ,  $q_2 \rightarrow S_2$ .

Далі будується портрет у вигляді накладених один на один квадратів площами  $S$ ,  $S_1$  і  $S_2$ . При цьому можливі варіанти, що наведені на рис. 11.



**Рисунок 11 – Портрети оцінок**

Варіанти а), б) і в) показують, що вчитель оцінює учня вище, ніж він сам себе. Це означає, що учень має занижену самооцінку. Варіанти г), д) і ж) відповідають випадку, коли вчитель недооцінює учня.

Груповий портрет з лінійною структурою можна побудувати кількома способами. Найпростішим є спосіб, коли як візуальні елементи

використовуються портрети окремих учнів (портрети з круговою і векторною структурами).

Другий спосіб передбачає використання як візуальних елементів вертикальних прямокутників однакової висоти, але різної ширини і різного кольору. Наприклад, нехай за результатами контрольної роботи з деякого предмета учні одержали певні оцінки. Визначається відсоток кожної оцінки і далі оцінці ставиться у відповідність прямокутник, ширина якого пропорційна відсотку. Колір прямокутника відповідає цій оцінці. Розташовуючи прямокутники в порядку оцінок: 5, 4, 3, 2, одержуємо груповий портрет, наведений на рис. 12.

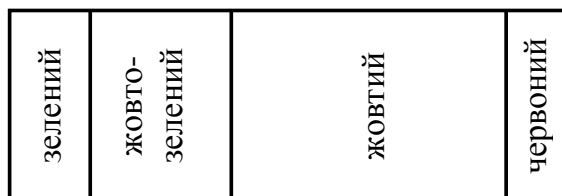


Рисунок 12 – Груповий портрет з лінійною структурою

Візуально цей портрет нагадує спектр і має високу інформативність.

**Висновки.** Запропонована узагальнена структура даних моніторингу є основою системного підходу до побудови візуальних моделей даних. Узагальнена задача візуалізації даних моніторингу полягає у відображенні множини даних на множину візуальних об'єктів. Оскільки  $V_{obj}$  складається із чотирьох візуальних об'єктів: портрет об'єкта моніторингу, груповий портрет, альбом і груповий альбом, то цю задачу можна розглядати як чотири окремі задачі, кожна з яких полягає у побудові відповідного візуального об'єкта.

Побудова візуальних моделей даних моніторингу за методом, що запропоновано, забезпечує спрощення аналізу цих даних, оскільки структура візуального об'єкта та його візуальні елементи вибираються, виходячи із цілей аналізу.

### Список використаної літератури

1. Майоров А.Н. Мониторинг в образовании /А.Н.Майоров. – 3-е изд. – М. : Интеллект-Центр, 2005. – 424 с.
2. Лобов Г. С. Методы обработки разнотипных экспериментальных данных / Г. С. Лобов. – Новосибирск : Наука, 1981. – 157 с.
3. Электронный учебник по статистике [Электронный ресурс]. – М. : StatSoft Inc., 2001. – Режим доступа : <http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm>. – Название с экрана.
4. Хованов Н.В. Математические основы теории шкал измерения качества / Н.В.Хованов. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1982. – 185 с.
5. Лукіна Т.О. Моніторинг якості освіти: теорія та практика / Т.О.Лукіна, О.О.Патрикєєва. – К. : Плеяди, 2005. – 112 с.
6. Єрмола А.М. Технологія моніторингу якості освіти / А. М. Єрмола. – Х. : Курсор, 2008. – 173 с.