

АНАЛІЗ СТРУКТУРНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЗОРОВОГО КАНАЛУ СПРИЙНЯТТЯ ЛЮДИНИ

У статті проведений аналітичний огляд сучасних типових моделей, особливостей функціонування елементів та структур у цілому зорового каналу сприйняття людини.

Ключові слова: модель зорового каналу, модель органу зору, модель сітківки, модель системи зору.

A.V. SNIGUR

Vinnytsia National Technical University

ANALYSIS OF STRUCTURAL ORGANIZATION AND FEATURES OF THE FUNCTIONING ELEMENTS OF THE VISUAL CHANNEL OF HUMAN PERCEPTION

In the article an analytical review of modern typical models, features of the functioning of elements and structures in the whole of the visual channel of human perception is carried out. On the basis of the analysis, the classification and generalization of existing structures of said human channel was carried out. In this case, single-channel, multichannel models, as a separate organ of vision, and the whole visual system as a whole, are defined. On the basis of the conducted classification, the structure of the visual channel of a human is generalized taking into account its real structure, and also the recommendations for analyzing the stages of information processing in the elements of the channel are formed. Modern structures of the visual channel of human perception, some of its elements are usually built on the basis of various kinds of anatomical research and their mathematical, structural modelling or based on the needs of using the parameters of a particular object of perception. Despite the above typical models, the analysis of the process of functioning of individual elements, the entire visual channel in general, the stages of information processing can be considered insufficiently investigated. Analysis of these stages should be carried out on the basis of the definition: input data for each of the structural elements of the channel; elemental elements that process visual information; results of information processing in elementary elements; results of information processing in structural elements. Taking into account the actual composition of the channel provides an opportunity for further adequate creation and effective application of methods and means of improving the perception of visual information.

Keywords: visual channel model, visual organ model, retinal model, visual analyzer model, visual system model.

Вступ

Сучасні типові моделі та структури зорового каналу сприйняття людини, деяких його елементів, як правило, побудовані на основі проведених різного роду анатомічних досліджень та їх математичного, структурного моделювання [1–11] або виходячи з потреб використання параметрів певного об'єкта сприйняття (ОС), наприклад його кольору [12], яскравості [13], розміру [14], або на основі окремих особливостей функціонування органу зору, зокрема сітківки ока [16]. При цьому розглядаються як одноканальні моделі органу зору [12, 14], всієї системи зору [13], так і багатоканальні [15, 16] в основному без урахування реальних анатомічних структур, що беруть участь в обробці відповідних сигналів та сприйнятті ОС.

Не зважаючи на зазначені вище типові моделі, недостатньо дослідженим можна вважати питання аналізу процесу функціонування окремих елементів, всього зорового каналу у цілому, етапів обробки інформації у зазначених елементах з урахуванням анатомічних структур, що здійснюють таку обробку. Це не дає можливості для адекватного подальшого створення та ефективного застосування різного роду методів та засобів оцінювання [17, 18] та покращення сприйняття людиною зорової інформації, які б узгоджувалися з реальними особливостями відповідного каналу сприйняття.

Постановка задачі досліджень

Метою дослідження є аналіз особливостей побудови та функціонування окремих елементів зорового каналу сприйняття, а також класифікація та узагальнення існуючих структур всього каналу в цілому з урахуванням його реальної складу, роботи відповідної системи людини для подальшого адекватного створення та ефективного застосування методів покращення сприйняття зорової інформації.

Задачами досліджень є:

- аналіз особливостей структури та функціонування окремих елементів зорового каналу людини на основі їх реальної будови та роботи у складі зорової системи;
- класифікація та узагальнення існуючих структур, а також моделей зорового каналу;
- формування рекомендацій щодо аналізу етапів обробки інформації у структурних елементах каналу.

Основна частина

Сприйняття інформації про певний об'єкт, подію, текстовий матеріал тощо у зоровому каналі починається з потрапляння у поле зору людини відповідного такого ОС. Розглянемо відносно узагальнену анатомічну структуру та деякі характеристики зазначеного каналу, що впливають на отримання зорової інформації. Першим його структурним елементом є сітківка, що, у свою чергу, також складається з певних елементів. Після сітківки інформація від ОС потрапляє на інші складові каналу відповідно до рис. 1 [1].



Рис. 1. Загальна структура зорового каналу сприйняття та зв'язків БО зорової інформації

При цьому обробка інформації здійснюється у ділянках або блоках обробки (БО): V1, V2, V3, V4, TF, TEO, TE, T, MT, V3A, PO, T та інших [2]. Зв'язки основних БО на рис. 1 позначені неперервними лініями, периферичних – пунктирними.

Розглянемо більш детально будову та моделі основних елементів зорового каналу сприйняття, а також поняття, що при цьому використовуються. Першим із елементів каналу відповідно до розглянутої вище структури можна вважати сітківку. Вона складається з [1]: фоторецепторного прошарку, до якого входять палочки та колбочки; проміжних клітинних прошарків, до яких входять біполярні, горизонтальні та амакринові клітини; прошарку гангліозних клітин. ОС за допомогою оптичної системи ока відображається на сітківці у перевернутому вигляді [3], що представлено на рис. 2. При цьому ліва половина ОС проектується на праву половину цього елементу каналу, а права – на ліву.

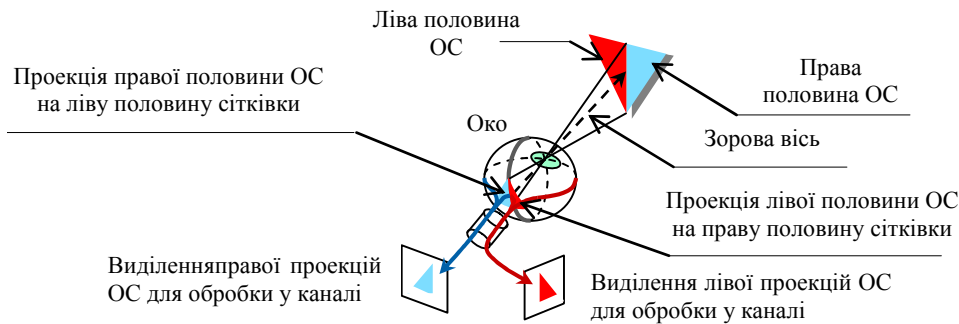


Рис. 2. Узагальнена схема відображення ОС на сітківці

Першою групою елементів сітківки, що сприймає ОС є фоторецептори. Це своєрідні давачі-рецептори – так звані “палочки” та три види “колбочок”, що чергуються між собою та розташовуються один біля одного у вигляді мозаїки [1]. При цьому модель фрагменту сітківки у так званій фовеальній ділянці (ділянці із максимальною чіткістю сприйняття) може бути представлена у вигляді [4] (рис. 3). Тут різні види

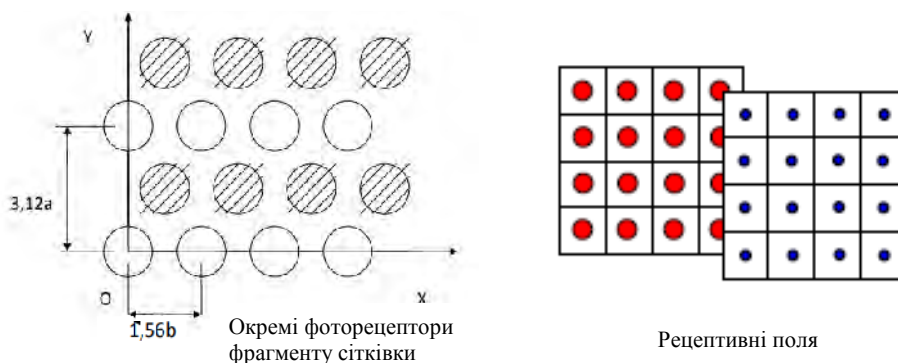


Рис. 3. Моделі фрагменту сітківки у фовеальній ділянці та рецептивних полів

рецепторів зображені у вигляді заштрихованих та не заштрихованих кіл; x , y – вісі координат; b – розмір рецептора по горизонталі; a – розмір рецептора по вертикалі; певні групи рецепторів – рецептивні поля зображені так, як наприклад у [5], а саме у вигляді сукупностей великих квадратів із точками в середині. Отже різні групи фоторецепторів разом із певними клітинами зазначеного вище проміжного клітинного прошарку формують елементарні структури сприйняття. Для сітківки цими елементарними структурами є так звані поля рецепторів гангліозних клітин (рецептивні поля) [1]. Тільки в цих клітинах

формується електричні сигнали, що йдуть далі до центральної нервової системи [1]. Тобто в них формуються сигнали, що несуть інформацію про ОС і передаються далі по каналу сприйняття. На рис. 3 один великий квадрат із певною кількістю точок всередині – рецептивне поле гангліозної клітини.

Як правило розглядають два типи зазначених вище гангліозних клітин та перекриття їх рецептивних полів, що можна зображати також у вигляді моделей [1], представлених на рисунку 4. Перший тип клітин з on-центром їх рецептивного поля збільшує свою електричну активність (позначається знаком “+”) при впливі світла у центр зазначеного поля та зменшує свою електричну активність (позначається “-”) при впливі світла на периферію. Другий тип з off-центром змінює свою електричну активність навпаки порівняно із першим типом. Рецептивні поля сусідніх гангліозних клітин можуть перекриватися між собою. Таким чином первинний сигнал про ОС формується певною первинною структурою сприйняття, що складається з поля рецепторів гангліозної клітини та безпосередньо самої гангліозної клітини.

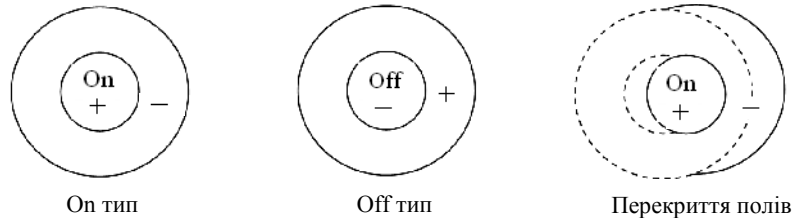


Рис. 4. Моделі різних типів полів гангліозних клітин та перекриття їх полів

Описані вище елементи сітківки є першою ланкою у сприйнятті зображення людиною. Наприклад, якщо ОС є вертикальна світла лінія [6], то вона відображається на сітківці у вигляді сукупності рецептивних полів з on-центрами (рис. 5). При цьому варто зазначити, що on-центри, які відображають лінію будуть охоплені ділянками “-” із зниженою електричною активністю. Розглянемо також як відображаються наприклад окремі символи тексту (рис. 5), зокрема точки P та P’ на сітківці, розташовані під кутами ρ та ρ' від лінії OF. В даному випадку сітківка може бути представляється у вигляді моделі [7] із зазначеними точками. Вона вважається неоднорідною монохромного колбочкового зору в межах 80 кутових градусів. При побудові моделі з настільки великим кутом зору зважається на те, що поверхня сітківки не плоска, а близька до внутрішньої поверхні сферичного сегмента із центром у точці F.



Рис. 5. Моделі проєкції лінії на рецептивні поля та точок на сітківку

Наступною структурою, що сприймає зорову інформацію є зовнішнє колінчатє тіло (ЗКТ) [1]. Ліві половини обох сітківок проєктуються повністю у відповідні прошарки лівої частини ЗКТ, а праві половини – у відповідні прошарки правої частини ЗКТ. Будь-який ОС, наприклад точковий, що відображається на сітківці має, у свою чергу, точкове багаторазове відображення у відповідних прошарках ЗКТ (рис. 6). ЗКТ має свої елементарні структури сприйняття або рецептивні поля [8,9]. Вони відповідають аналогічним структурам сітківки з тою різницею, що on-елементи ще більше відокремлені від off-елементів. Це дозволяє відрізнити ще точніше дифузне освітлення сітківки від чітких контурів ОС. Також вказані поля мають свої особливості відповідей на кольорові стимули. У ЗКТ є лінійні поля, а у першому та другому прошарках є змішаний on-off тип полів. Ділянка, що простягається поперек всіх слоїв ЗКТ та відповідає його рецептивним полям називається проєкційною колонкою. Призначення ЗКТ повністю достеменно невідоме. Вважається, що дана структура організує зорову інформацію, дозволяє чіткіше визначити контури ОС, а також визначає рівень емоційного задоволення від стимулів, що отримує людина в тому числі і від ОС та на основі цього модулює процес обробки зорової інформації з їх активацією.

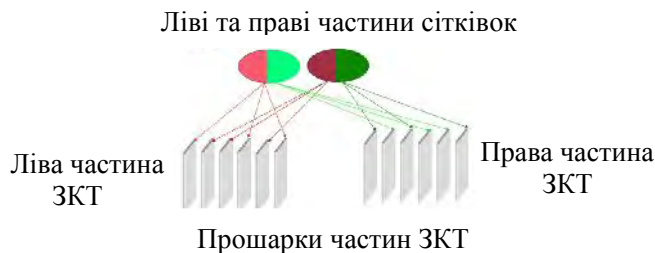


Рис. 6. Схематичне узагальнене зображення проєкцій лівої та правої частин сітківок на ЗКТ

Після ЗКТ інформація від ОС потрапляє далі на стріарну або первинну зорову кору відповідно до структури на рис. 1. Її також називають зоровою зоною V1 або полем 17 за Бродманом. Рецептивні поля зорової кори [10] складаються з певної кількості концентричних рецептивних полів попереднього елементу зорового каналу та мають майже прямокутну форму із центральною оп або off зонами (рис. 7). Вони реагують на певну орієнтацію світлої або темної полоси, країв полоси тощо. У цьому елементі каналу ОС має своє відображення. Так наприклад відрізок прямої, що розташований у лівій частині поля зору лівого ока (коли праве око закрито) у моделі фрагменту кори [1] відображається у вигляді активності певної сукупності зон, що позначені на рисунку 8 більш темним кольором та обведені прямокутником. Ці зони розташовані відповідно до загальної проекції поля зору на кору у місцях проекції, у свою чергу, відповідної активності лівого ока – колонках очної домінантності лівого (позначено Л.) ока. У колонках домінантності правого ока (позначено ПР.) в даному випадку активності немає у зв'язку із тим, що лінія спостерігається тільки лівим оком. При цьому у колонках лівого ока активні тільки ті фрагменти колонок – так звані орієнтаційні колонки, що відповідають за орієнтацію у просторі зазначеного відрізка.

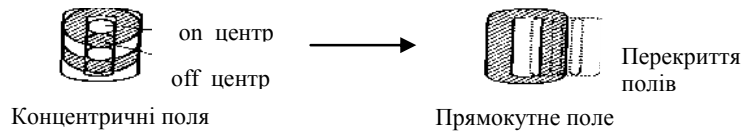


Рис. 7. Формування рецептивного поля стріарної кори на основі концентричних рецептивних полів

Розглянемо також модель фрагмента первинної зорової кори [11] із відображенням у ньому лінії, що зображена під кутом α на рисунку 9. Тут зазначена спрощена порівняно із попередньою модель представлена сукупністю суміжних клітин K_i , на які проектується і які сприймають ОС – лінію, розташовану під певним кутом; x, y – вісі координат; r – відстань від початку системи координат до K_i . У [11] також визначено, що при розташуванні тексту, наприклад, під кутом 165° (рис. 9) він може краще сприйматися певними клітинами даного елементу зорового каналу. При цьому оптимальною висотою стрічок можна вважати 11 пікселів.

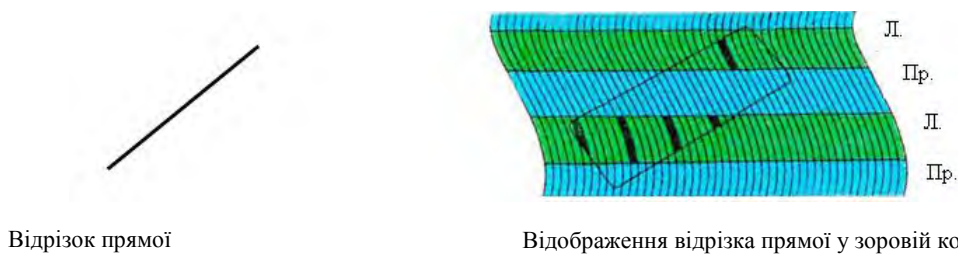


Рис. 8. Модель фрагмента стріарної кори із активними зонами, що відображають певний відрізок прямої

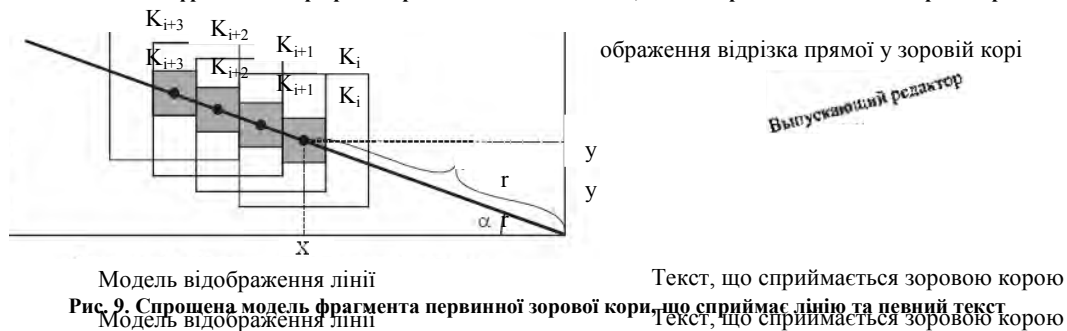


Рис. 9. Спрощена модель фрагмента первинної зорової кори, що сприймає лінію та певний текст

Розглянемо моделі всієї первинної зорової кори у цілому із відображенням у ній точок P та P', які розташовані на сітківці (рис.5) та певних літер тексту. Отже, зорову кору представлено у вигляді моделей (рис. 10) [7]. При цьому зазначені точки P та P' проектуються у точки Q та Q' зорової кори, а точка Q розташована на відстані t від краю кори. Літери тексту також мають своє відповідне відображення.



Рис. 10. Моделі первинної зорової кори із відображенням у ній точок та літер тексту

Після первинної зорової кори інформація про ОС потрапляє далі у вторинну зорову кору, потім у третинну, що відповідають полям 18 та 19 за Бродманом (а потім у інші зони) [8]. У ці ділянки надходять вторинні зорові сигнали для аналізу їх значення. Поле Бродмана 18 називають зоровою областю П, або просто V2. Інші більш віддалені області мають специфічні назви V3, V4 і т. д. (загалом порядку 30). Їх значення полягає у поступовому виявленні та аналізі різних аспектів відображення ОС. Асоціативні коркові зони скроневої та потиличної ділянок, що прилягають до вторинної зорової кори також приймають участь у опрацюванні зорової інформації та трансформації її у зорові образи. Окремі БО можуть входити до трактів передачі зорової інформації, наприклад основних трактів: парвоцелюлярного (П) та магноцелюлярного (М) [8]. Так до складу П-тракту, що забезпечує сприйняття деталей, форми і кольору ОС, кольорову чутливість та високу контрастність входять: фоторецептори колбочки сітківки; прошарки 3-6 ЗКТ; прошарки 4С-бета, 2, 3 стріарної кори; поля V2, V4. До складу М-тракту, що аналізує рух ОС та забезпечує низьку контрастність входять: фоторецептори палочки; прошарки 1,2 ЗКТ; прошарки 4С-альфа, 4В; поля V2, V5.

Узагальнимо результати проведеного вище аналізу особливостей структури, функціонування елементів каналу сприйняття, етапів обробки зорової інформації та занесемо їх до таблиці 1. Як видно із вказаної таблиці у відповідних БО поетапно опрацьовується така зорова інформація та внаслідок цього формується образ ОС.

Таблиця 1

Етапи обробки зорової інформації у структурних елементах каналу сприйняття

Структура	Результати етапу обробки зорової інформації	Елементи структури
Оптична система ока	Створює на сітківці перевернуте зображення ОС. При цьому зображення лівої частини зорової сцени проєктується на праву половину сітківки, а правої частини – на ліву.	Елементи оптичної системи.
Сітківка	Фоторецептори сітківки разом із іншими клітинами формують електричні сигнали, що несуть інформацію про ОС.	Рецептивні поля гангліозних клітин.
ЗКТ	Організує зорову інформацію, дозволяє чіткіше визначати контури ОС, а також визначає рівень емоційного задоволення від стимулів, що отримує людина в тому числі і від ОС.	Рецептивні поля із чіткішими активними та пасивними зонами. концентричної форми
Стріарна кора	Починає розшифровувати зорову інформацію.	Прямокутні поля.
Вторинні зорові ділянки	Визначення взаємного просторового розташування елементів ОС та інших аспектів зорового образу; збирання та упізнання зорового образу ОС на основі його елементарних деталей (наприклад ліній); сприйняття ОС, що рухається.	Складні структури.
Третинна зорова кора та асоціативні ділянки	Детекція самих складних зорових образів ОС, що пов'язано наприклад із читанням тексту; упізнанням облич; оцінюванням значення побаченого. Подальше опрацювання зорової інформації, трансформація її у зорові образи та виконання асоціативних функцій, пов'язаних із зоровим сприйняттям.	Складні структури.

Розглянемо типові структури та моделі всього зорового каналу людини, а також деяких окремих анатомічних БО зорової інформації, наприклад органу зору. Так при оцінюванні сприйняття людиною однокольорового зображення може використовуватись така модель органу зору (рис. 11) [12]. Тут 1 – оптична система ока, 2 – приймач з визначеною спектральною чутливістю, 3 – багатоканальний фільтр, 4 – генератор шумів, 5 – аналізатор, 6 – пристрій порівняння.

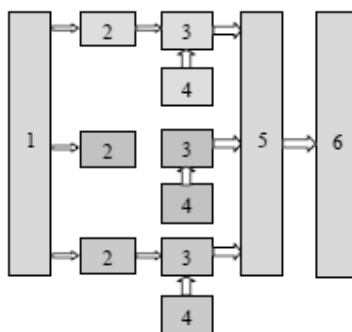


Рис. 11. Функціональна схема органу зору

Що стосується моделей та структур зорових каналів, то наприклад, при дослідженні впливу яскравості зображення на людину відповідна блок схема системи зору може бути представлена у вигляді рис. 12 [13]. Тут БЛ – блок логарифмування, ЛПФ – лінійний просторовий фільтр, НС – блок насичення.



Рис. 12. Блок-схема системи зору людини при дослідженні яскравості

При визначенні загалом особливостей зображення, що сприймається людиною може використовуватись така модель зорового аналізатора (рис. 13) [14]. Тут функція $F(x, y, t, \lambda)$ з певними параметрами описує зображення (транспарант) у натуральну величину; $F(x', y', t, \lambda)$ – описує зображення, що формується на сітківці ока; $F(x', y', t, \lambda)$, $F(x, y, t, \lambda)$ – функції, що описують зображення відповідно у мозку та у свідомості. При цьому тут вважається, що у свідомості зображення виникає у натуральну величину та суміщено з його відображенням у мозку.

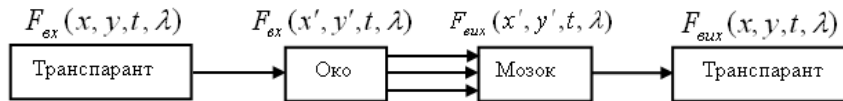


Рис. 13. Модель зорового аналізатора

Розглянуті вище моделі зорової системи та органу зору людини можна віднести до одноканальних, де загалом розглядаються особливості сприйняття зображення, що потрапляють на один зоровий аналізатор. В ході більш детального аналізу особливостей опрацювання у мозку образу ОС можуть також використовуватись багатоканальні моделі як всієї системи в цілому, так і окремо органу зору. Розглянемо їх. Так для імітаційного моделювання оцінки ефективності сприйняття зображень зі складним просторово-часовим розподілом яскравості може використовуватись відповідна багатоканальна функціональна спектральна просторово-часова модель каналів зорової системи [15], наведена на рис. 14. Тут $U_{вх}$ – вхідний сигнал від ОС; ЛНМ – лінійна нейронна мережа первинного відділу зорової системи; $\Phi_0 \dots \Phi_k$ – фільтри на приймальній стороні (первинній зоровій корі); t_0, t_1, \dots, t_k – часи запізнення сигналів, що надходять на когерентний накопичувальний пристрій; S – сигнал; HS – перетворення Гільберта сигналу S ; K_{Σ} – квадратичний детектор; вихідні сигнали U_1 і U_2 формуються на виході інтеграторів \int_1 та \int_2 , що мають різні постійні часу (для U_1 постійна часу дорівнює 14 мс, для U_2 – 80 мс). Вихідне зображення, що відповідає сигналу U_2 є продиференційованим зображенням $U_{вх}$.

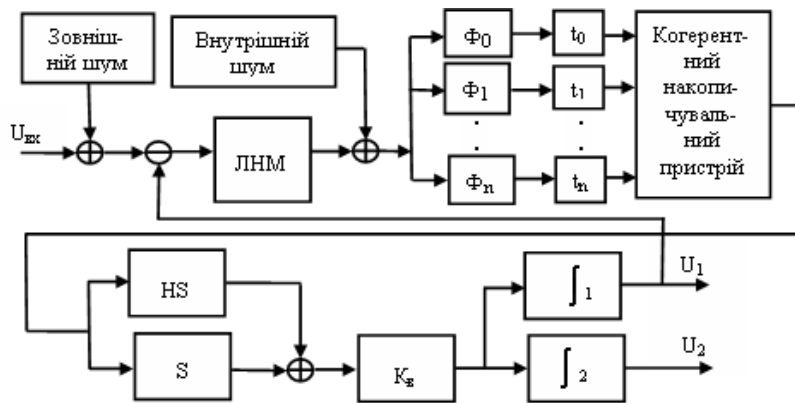


Рис. 14. Багатоканальна функціональна спектральна просторово-часова модель каналів зорової системи

Що стосується багатоканальних моделей саме органу зору, а не всієї системи, то у [16] запропонована лінійна багатоканальна модель зорового аналізатора, що характеризується набором відповідних вагових функцій $h_i (i = 1, 2, \dots, N)$. Ці функції задають відображення простору стимулів (в загальному випадку нескінченного) на кінцевий простір каналів. При цьому вагова функція лінійного каналу збігається з так званим рецептивним полем одного нейрона.

Узагальнимо результати проведеного вище аналізу та класифікуємо структури зорового каналу людини. Отже, залежно від того, які розглядаються функції, чи особливості роботи зорової системи можуть використовуватись різні моделі каналів сприйняття або окремо органу зору, а саме одноканальні та багатоканальні. При цьому практично всі існуючі моделі не відображають реальних анатомічних особливостей та наявних у зоровій системі БО зорової інформації.

Узагальнимо відповідні існуючі структури та побудуємо структуру зорового каналу з урахуванням того, що визначення окремих його елементів буде здійснюватися в першу чергу на основі аналізу роботи анатомічних БО зорової системи людини. Спочатку розглянемо вхідні ланцюги каналу (рис. 15), потім

модулі обробки зображень (МОЗ), один з яких представлений на рис. 16, блоки первинної та вторинної обробки зображень – БПОЗ та БВОЗ відповідно (рис. 17). Отже, світло від ОС, що знаходиться у полі

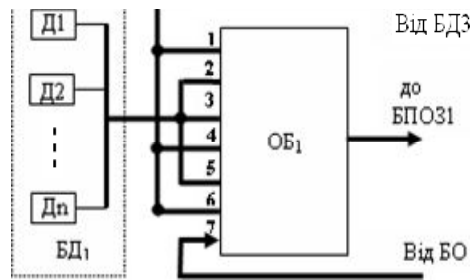


Рис. 15. Фрагмент структурної організації вхідних ланцюгів зорового каналу

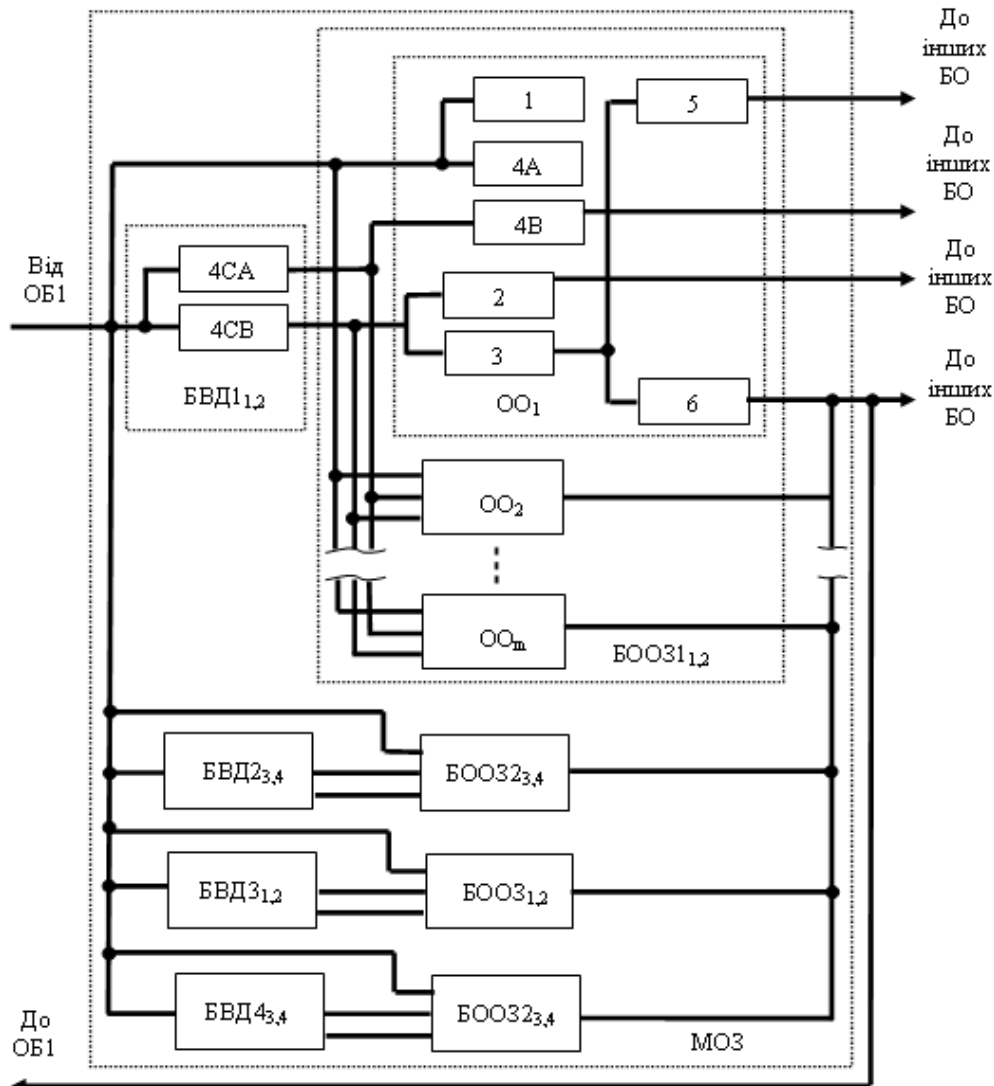


Рис. 16. Приклад структурної організації МОЗ

зору людини потрапляє на блоки давачів (БД) фоторецепторів Д1 ... Дn (де n – кількість здавачів), яким відповідають певні групи палочок та колбочок на сітківці ока [1]. Кожне з очей людини розділене на два таких БД, що відповідають правій та лівій частинам сітківки. Так сітківці правого ока відповідають блоки БД1 (права частина сітківки) та БД2 (ліва частина). Щодо лівого ока, то тут є аналогічна відповідність для блоків БД3 та БД4. Електричні сигнали з цих блоків, що формуються гангліозними клітинами [1] передаються по провідниках, а точніше шині, що відповідає сукупності волокон нервових клітин. Отже сигнали з різних БД по шині далі потрапляють на блоки об'єднання сигналів ОБ1 та ОБ2, що відповідають правому та лівому ЗКТ розташованим у двох півкулях мозку [1]. При цьому сигнали з правої та лівої частин сітківки кожного з очей потрапляють на різні 6 входів ОБ1 та ОБ2. Ці входи відповідають місцям під'єднання волокон нервових клітин до 6-ти анатомічних слоїв ЗКТ (рис. 15). Сигнали з виходів ОБ1 та ОБ2 потрапляють далі відповідно у 2 блоки первинної обробки зображень БПОЗ1 та БПОЗ2. Ці блоки відображають наступну анатомічну структуру на шляху проходження зорових сигналів у зоровій системі –

первинну зорову кору, яка розташована у кожній з 2-х півкуль мозку [1]. БПО31, БПО32 складаються з великої кількості так званих МОЗ, що відповідають анатомічним модулям первинної зорової кори [1].

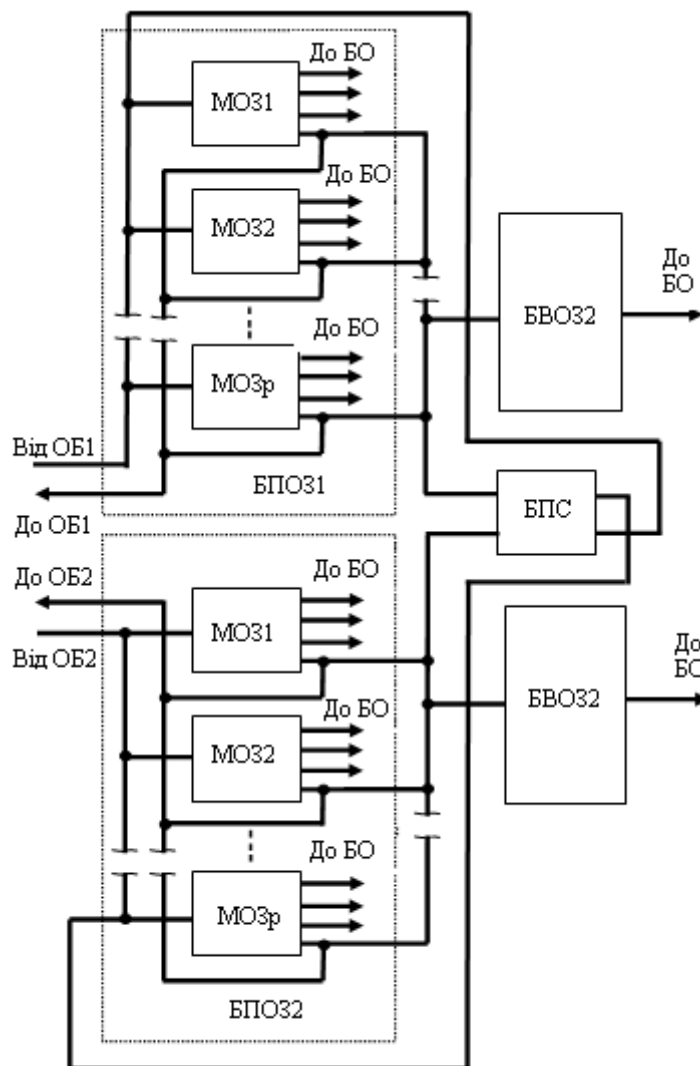


Рис. 17. Структура організація блоків первинної та вторинної обробки зорової інформації

Кожний МОЗ (рис. 16), загальною кількістю p у одній півкулі мозку, у свою чергу складається з 4-х блоків визначення сигналів з здавачів (ВД), а саме з двох $ВД_{1,2}$, та двох $ВД_{2,3,4}$, що відповідають 4-м колонкам очної домінантності підпрошарків $4C\alpha$ (позначимо $4CA$) та $4C\beta$ ($4CB$) прошарку 4 первинної зорової кори [1]. Так, у загальній структурі кори $ВД_{1,2}$ визначає чи надходить сигнал з блоків БД1 та БД2, а $ВД_{2,3,4}$ відповідно – з БД3 та БД4, де i, j – номери блоків. Залежно від того з яких БД надходить сигнал далі в обробку зображення включаються блоки обробки орієнтації зображень з блоків БД1 та БД2 – $БООЗ_{1,2}$ або з БД3 та БД4 – $БООЗ_{2,3,4}$, де i, j – номери блоків. $БООЗ_{1,2}$ та $БООЗ_{2,3,4}$ складаються, у свою чергу, з елементарних блоків обробки орієнтації $ОО1, ОО2, \dots, ООm$, де m – кількість блоків. Вони визначають орієнтацію зображень двічі у межах від 0^0 до 180^0 з кроком у 10^0 , що припадає на один блок. Тобто кількість зазначених блоків є подвійною в кожному з $ООЗ_{1,2}$ та $ООЗ_{2,3,4}$ для визначення орієнтації від 0^0 до 180^0 . $ОО1, ОО2, \dots, ООm$ відповідають множині анатомічних орієнтаційних колонок первинної зорової кори [1], що входять до складу однієї колонки очної домінантності у межах модуля. Вказані блоки, у свою чергу, складаються з семи блоків: 1, 2, 3, 4А, 4В, 5, 6, що відповідають шести анатомічним прошаркам: 1, 2, 3, 4, 5, 6 та двом підпрошаркам прошарку 4 – 4А та 4В первинної зорової кори.

Сигнали, з виходів БПО31 та БПО32 потрапляють далі на блок перерозподілу сигналів (БПС), що відповідає анатомічній структурі – мозолистому тілу [1]. БПС направляє сигнали з виходу БПО31 на вхід БПО32, а з виходу БПО32 на вхід БПО31. Також сигнали з виходів БПО31 та БПО32 потрапляють далі у БВО31 та БВО32 (відповідають зоровому полю 18 або зоровій зоні 2 – вторинній зоровій корі у обох півкулях мозку), а потім у інші БО. Узагальнена структура зорового каналу сприйняття наведена на рис. 18.

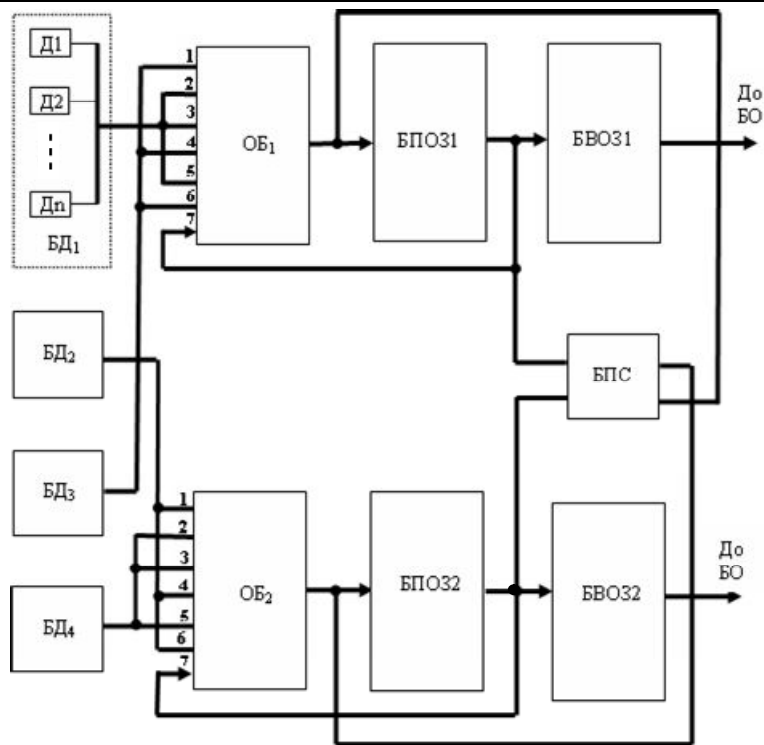


Рис. 18. Узагальнена структура зорового каналу сприйняття людини

На основі наведеної вище структури каналу та розглянутих особливостей функціонування його складових елементів сформуємо рекомендації щодо аналізу етапів обробки зорової інформації. Отже, такий аналіз необхідно здійснювати на основі визначення вхідних даних для кожного з структурних елементів каналу; елементарних елементів, що обробляють зорову інформацію у складі структурних елементів; результатів обробки інформації у елементарних елементах; результатів обробки інформації у структурних елементах. Врахування при цьому реального складу каналу надає можливість для подальшого адекватного створення та ефективного застосування методів та засобів покращення сприйняття зорової інформації.

Висновки

На основі проведеного аналізу структурної організації та особливостей функціонування елементів зорового каналу сприйняття людини здійснено:

- визначення етапів обробки зорової інформації у БО, що передбачають формування зображення ОС для подальшої його передачі по каналу; формування електричних сигналів, що несуть інформацію про ОС; об'єднання зорової інформації; поступове розшифрування такої інформації;
- класифікацію існуючих моделей структур органу зору та всього каналу у цілому, що визначає одноканальні та багатоканальні відповідні моделі.

В подальшому на основі отриманих результатів запропоновано рекомендації щодо аналізу етапів обробки зорової інформації та узагальнену структуру зорового каналу людини, що побудований, в першу чергу, з урахуванням наявності анатомічних БО відповідної інформації. При цьому зазначені рекомендації передбачають аналіз функціонування спочатку елементарних, а потім основних структурних елементів каналу, що в комплексі із запропонованою структурою надає можливість для подальшого відповідного адекватного створення та ефективного застосування методів та засобів покращення сприйняття зорової інформації.

Література

1. Хьюбел Д. Глаз, мозг, зрение / Девид Хьюбел ; пер. с англ. / под ред. А. Л. Бызова. – М. : Мир, 1990. – 239 с.
2. Шульговский В. В. Основы нейрофизиологии : учебное пособие для студентов вузов / Шульговский В. В. – М. : Аспект Пресс, 2000. – 277 с.
3. Трофимов Е. А. Эргономика зрительного восприятия : монография / Трофимов Е.А. / под ред. проф. И. Г. Городецкого. – М. : АИР, 2013. – 192 с., ил.
4. Поликанин А.Н. Математическая модель пространственно-частотной передаточной функции фовеальной области человеческого глаза / А. Н. Поликанин // Сборник научных трудов аспирантов и молодых ученых Сибирской государственной геодезической академии. – Новосибирск : СГГА, 2004. – Вып. 1. – С. 111–116.
5. Утробин В. А. Модели организации поля рецепторов сетчатки глазного яблока / В. А. Утробин // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород. – НГТУ, 2010. – № 4 (83). – С. 62–69.

6. Демидов В. Е. Как мы видим то, что видим / Демидов В. Е. – М. : Знание, 1979. – 208 с.
7. Гладилин С. А. Компьютерная модель зрительной системы с кортикальным усилением / С. А. Гладилин // Информационные процессы. – 2005. – № 5. Том 5. – С. 414–425.
8. Віт В. В. Будова зорової системи людини. Навчальний посібник / Віт В. В. – Одеса : Астропринт, 2003. – 664 с.
9. Адам Д. Восприятие, сознание, память. Размышления биолога / Д. Адам ; пер. с англ. / под ред. и с предисл. Е. Н. Соколова. – М. : Мир, 1983. – 152 с.
10. Физиология человека. Compendium / [Ткаченко Б. И., Брин В. Б., Захаров Ю. М. и др.] ; / под ред. Б. И. Ткаченко. – [3-е изд.], – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 496 с.
11. Каргин А. А. Применение нечетких моделей когнитивных знаний восприятия изображения в задаче локализации строк текста / А. А. Каргин, Е. Е. Пятикоп // Искусственный интеллект. – 2009. – № 2. – С. 162–169.
12. Гвоздев С. М. Модель органа зрения для оценки восприятия одноцветного изображения / С. М. Гвоздев, Н. Д. Садовникова // Сборник научных трудов X Международной конференции «Прикладная оптика-2012». – Санкт-Петербург, 2012. – С. 240–244.
13. Титарь В.П. Основные положения голографической модели зрительной системы человека / В.П. Титарь, Т.В. Богданова // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Карабіна. Серія “Радіофізика та електроніка”. – 2014. – № 1115. – С. 73–78.
14. Тихомирова Г. В. Физические основы получения зрительной информации / Тихомирова Г. В. – СПб : Изд-во СПбГУКиТ, 2005. – 146 с.
15. Ярмошевич Е. И. Функциональная спектральная пространственно-временная модель формирования изображений объектов зрительной системой человека / Е. И. Ярмошевич, Е. Е. Михайлова, М. А. Пономаренко // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2008. – № 1. – С. 74–78.
16. Дубровский В. Е. Многоканальные модели зрения / В. Е. Дубровский, А. В. Гарусев // Естественно-научный подход в современной психологии : сборник научных трудов конференции. – М. : Институт психологии РАН, 2014. – С. 151–157.
17. Снігур А. В. Визначення часових параметрів процесу читання людиною текстових матеріалів / А. В. Снігур // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – Хмельницький : ХНУ, 2016. – № 2 (235). – С. 74–79.
18. Mills C. B. & Weldon L. J. (1987). Reading test from computer screens. ACM Computing Surveys, 19(4), 329–358.

References

1. Hubel D. Eye, brain, vision / David Hubel; trans. with English / Ed. member. - Cor. Academy of Sciences of the USSR A. L. Byzova. - Moscow: Mir, 1990. - 239 p.
2. Shulgovsky VV Fundamentals of Neurophysiology. Textbook for university students / Shulgovsky VV - Moscow: Aspect Press, 2000. - 277 p.
3. Trofimov, EA Ergonomics of Visual Perception. Monograph. / Trofimov E.A. / Ed. prof. IG Gorodetsky. - Moscow: AIR, 2013. - 192 p.
4. Polikanin A.N. A mathematical model of the space-frequency transfer function of the foveal region of the human eye / AN Polikanin // Collected scientific works of graduate students and young scientists of the Siberian State Geodesic Academy. - Novosibirsk: SSGA, 2004. - Issue. 1. - P. 111 - 116.
5. VA Utrubin. Models of the organization of the retinal receptor field of the eyeball / VA Utrubin // Proceedings of the Novgorod University. R.E. Alekseeva. - N. Novgorod. - NSTU, 2010. - № 4 (83). - P. 62-69.
6. Demidov V. Ye. As we see what we see. / Demidov V. Ye. - M. : "Knowledge", 1979. - 208 p.
7. Gladilin SA Computer model of the visual system with cortical enhancement / SA Gladilin // Information processes. Volume 5. - 2005. - No. 5. - P. 414-425.
8. VIT V.V. Budova Zoro-sistemi people / VIT V.V. - Odesa: Astr., 2003. - 664 c.
9. Adam D. Perception, consciousness, memory. Reflections of the biologist / D. Adam; trans. with English. Ed. and with the pref. E. N. Sokolova. - Moscow: Mir, 1983. - 152 p.
10. Human physiology. Compendium / [Tkachenko BI, Brin VB, Zakharov Yu. M., etc.]; / Ed. B.I. Tkachenko. - [3rd ed.], - Moscow: GEOTAR-Media, 2009. - 496 p.
11. Kargin AA Application of fuzzy models of cognitive knowledge of image perception in the problem of localization of lines of text / AA Kargin, EE Pyatikop // "Artificial Intelligence". - 2009. - №2. - pp. 162 - 169.
12. Gvozdev SM, Sadovnikova ND Model of the organ of vision for assessing the perception of a monochrome image / SM Gvozdev, ND Sadovnikova // Collected scientific papers of the X International Conference "Applied Optics-2012". - St. Petersburg, 2012. - P. 240 - 244.
13. Titar V.P. Basic provisions of the holographic model of the human visual system / V.P. Titan, T.B. Bogdanova // News of Kharkiv National University of Science and Technology V.N. The sarabine. Серія "Радіофізика та електроніка". - 2014. - No. 1115. - P. 73-78.
14. Tikhomirova GV The physical basis for obtaining visual information / Tikhomirova GV - SPb. : Publishing house SPbGUKiТ, 2005. - 146 p.
15. Ermoshevich EI Functional spectral space-time model of image formation of objects by the human visual system / EI Yarmoshevich, EE Mikhailova, MA Ponomarenko // Vestnik VSU, series: System analysis and information technologies. - 2008. - No. 1. - C. 74 - 78.
16. Dubrovsky VE Multichannel vision models / VE Dubrovsky, AV Garusev // Proceedings of the conference "The Natural Science Approach in Contemporary Psychologists". - M: Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences, 2014. – С. 151-157.
17. Snigur A. V. Vyznachenyya chasovikh parametri in the process of reading the human textual material / A.V. Snigur // News of the Khmelnytsky National University. Technical sciences. - Khmelnytsky: KhNU, 2016. - No. 2 (235). - P. 74 - 79.
18. Mills C. B. & Weldon L. J. (1987). Reading test from computer screens. ACM Computing Surveys, 19 (4), 329-358.

Рецензія/Peer review : 06.04.2018 р.

Надрукована/Printed :20.05.2018 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Перевозніков С. І.