

ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ АТЛАСУ ГРАДАЦІОННИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ПРИ СИНТЕЗІ КОЛЬОРОВИХ НАПІВТОНОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Ситник А.Г.

Не дивлячись на бурхливий розвиток у даний час редакційно-видавничих систем і програмно-апаратних методів і засобів аналізу, обробки і синтезу зображень, органах управління (ОУ) ЗС України ще збереглися деякі рутинні традиції, що укоренилися на рівні досягнень науки минулого і початку нинішнього століть. Пропонується новий підхід до проблеми принципів побудови й уточнення градаційної характеристики зображень формалізованої у виді Атласу градаційних перетворень з метою одержання високоякісних зображень у процесі електронного репродукування зображень (ЕРЗ) кольорових напівтонових текстів і ілюстрацій, що відповідають критеріям комфортності сприйняття оком людини і вимогам керівних наказів щодо якості документів міністра Оборони і начальника ГШ в ЗСУ.

Якщо ми розглянемо процес аналізу, то приймаючи рівно імовірним появу будь-якої оптичної щільності на оригіналі, можна розрахувати число сприйманих пристроєм градацій, що аналізує, по формулі

$$k^2 = 1 + \mu \cdot \psi^2 \quad (1)$$

де $\psi = D_{\max} - D_{\min} / \sigma_{Di}$ – відношення сигнал / перешкода;

μ – коефіцієнт запасу, що враховує статистику перешкоди;

σ_{Di} – середньоквадратичне значення зміни оптичної щільності викликане перешкодою.

Одним зі скарбів геометрії назвав великий Кеплер [1] золотий перетин, тісно зв'язаний з числами Фібоначчі. Зміст цього чудового співвідношення величин, цієї пропорції, дивно простий. Необхідно лише розділити будь-який відрізок на двох частин, щоб відношення більшої частини до меншого дорівнювало б відношенню усього відрізка до більшої частини. Код золотої р-пропорції і р-коди Фібоначчі відносяться до розряду двоїчних позиційних систем нумерації дійсних і природних чисел які є натуральним узагальненім класичної двоїчної нумерації, яку вони включають в якості приватного випадку. При цьому вони зберігають усі позитивні якості класичної двоїчної системи числення, що представляється особливо важливим при цифровій обробці градаційного змісту кожного растрового елемента (РЕ) і фрагмента базової ланки (ФБЛ). Крім того, за рахунок закладеної в них надмірності з'являються додаткові можливості для фільтрації [5] синтезованої репродукції перед висновком на офсетну пластину чи фотоформу.

Кожне сторіччя приносило нові підтвердження універсальності геометричного секрету древніх. Парфенон і статуї Фідія, піраміди і древні храми Єгипту, грецькі вази, етрусська кераміка, спорудження Гісарської міцності на моїй батьківщині в Таджикистану, що не зміг узяти штурмом навіть Олександр Македонський, мінарети багато тисяч років Бухари і Самарканда, що так потрясають наша уява своєю красою і добірністю форм, зброя і начиння – все це результат практичного застосування здчими і художниками, безвісними майстрами минулих часів

простого і дивного співвідношення – золоті пропорції, що запропоноване [4] зв'язати з конфігурацією РЕ і ФБЛ, від яких залежить, у свою чергу, градаційний зміст зображення. Золотий перетин виникає як результат [1] рішення наступної задачі. На відрізьку АВ потрібно знайти таку крапку С, щоб $AB/CB = CB/AC$, відкіля випливає наступне рівняння для перебування шуканого відношення

$$x^2 = x + 1 \quad (2)$$

Золота пропорція, будучи позитивним коренем рівняння (2), володіє наступною чудовою властивістю

$$a^2 = a + 1 \quad (3)$$

Звідси випливає, що корінь рівняння $a=1,61803398875\dots$ є ще одним ірраціональним числом, що пропонуємо використовувати для визначення кроку градаційної зміни оптичної щільності РЕ чи ФБЛ формалізувавши ці значення у виді Атласу градаційних перетворень не з довільним кроком виміру, як це використовувалося раніше, оскільки натуральні числа – абстракція, і в природі відносини фізичних величин неодмінно містять ірраціональні числа E , π чи p -коди Фібоначчі, а час іст – є уявним числом. Натуральні числа доцільно застосовувати в бухгалтерських розрахунках, а не в науці про синтезовані зображення, де немає нічого принципово [2] рівного чи тотожного. Наше твердження спирається на безперечні положення. Дюрер помітив [1] що такі домірності характерні для людського тіла. З такими параметрами добре був знаком скрипковий майстер Страдиваріус (саме цим порозумівається деякі якості створених їм інструментів). У зв'язку з цим даний аспект проблеми для градаційного змісту зображення не може бути виключений нами з розгляду.

У дійсній статті інформація про властивості золотого перетину використовується для того, щоб заповнити пробіл при однобокому вивченні критеріїв якості синтезованих ілюстрацій, доводячи, що золотий перетин додає характер закінченості творам мистецтва. Воно незримо "є присутнім" у нерукотворних орнаментах живої природи, наприклад, у закономірності філотаксису (розташування квіток) соняшника, і та добірність ліній, що здається часом непоясненим і наштовхує нас на думку, що саме такими повинні бути принципи побудови оптимальної конфігурації РЕ чи ФБЛ і їхнє взаємне розташування на напівтоновій ілюстрації, щоб потім на основі золотого перетину сформувати і градаційний зміст зображення. Про пропорції золотого перетину нагадує і шрифт [4] манускриптів імператора Максиміліана, і гравюри буддистів [5], що відрізняються добірністю форм, але на жаль, ці наукові розробки і рекомендації з використанням конфігурацій РЕ і ФБЛ на основі пропорцій золотого перетину з кроком збільшення (зменшення) їхніх розмірів на основі подвійного вурфу [4] не приймаються до уваги належною мірою розроблювачами шрифтового забезпечення і при електронній обробці ілюстрацій. І хоча тільки в минулому сторіччі були зроблені перші спроби наукового дослідження цієї геометричної загадки [1], її розгадку запропоноване [4] використовувати для розкриття однієї зі сторін механізму комфортності сприйняття зоровою системою людини синтезованих зображень. Конструктивний підхід до виміру кількості градацій при розрахунку оптичної щільності полягає в його розгляді як процесу кінцевого, але потенційно необмеженого, тобто число кроків,

що відводяться на вимір і величина кроку, звичайно, але потенційно воно може бути встановлене як завгодно великим, хоча нами зроблений розрахунок у (табл 6), тільки для 512 градацій. Таке, на перший погляд, незначне, зміна в підході приводить до переосмислювання самих задач математичної теорії виміру градацій яскравості. При теоретико-множинному підході вимір кількості градацій проводиться в поліграфії "до крапки", тобто до абсолютно точного збігу вимірюваного і відрізків, що вимірює, де зміст відрізка не в його геометричних розмірах, а в тім що він визначає величину динамічного діапазону вимірюваної їм величини градації, (можливість такого абсолютно точного виміру величини градації впливає з аксіоми Кантора). При конструктивному підході вимір величини градації ніколи не доходить "до крапки", а результатом виміру є деякий відрізок динамічного діапазону, деякий інтервал щодо широго значення вимірюваної величини. Зі збільшенням точності виміру величини градації цей інтервал звужується і може бути зроблений як завгодно малим, але ніколи цей інтервал не перетворюється в крапку. У цьому полягає, власне кажучи, підстава зробленої на базі наших досліджень розробки, виходити не виміру величини градації крапки з довільним кроком зміни градаційного змісту, а з інтервалів обумовлених пропорціями золотого перетину, як первинних елементів побудови.

Також відомо, що золотий перетин викликає враження краси, приємності, погодженості, домірності, естетичної гармонії [4] і привабливості розглянутого зображення, що в більшому ступені досягається не тільки формою, але і градаційним змістом ілюстрації. Використання цих природних властивостей зорового сприйняття синтезованих зображень, оброблених за законами золотого перетину, дозволило нам сформулювати основні критерії введеного нами поняття *комфортності сприйняття* [5] ілюстрацій. Художники, психологи і вчені підтверджують нашу думку про те, що застосування принципів побудови синтезованих зображень з використанням золотого перетину [4] для формування градаційного змісту ілюстрації створює також відчуття повноти, закінченості, спокою й урівноваженості для спостерігача. Тому одним з моментів у теоретико-множинній теорії виміру градаційного змісту синтезованої репродукції є вибір способу чи алгоритму виміру будь те на реальної градаційної характеристиці чи за допомогою денситометра, що задає систему числення, у якій нумерується число (результат виміру, наприклад, у виді абстрактного числа оптичної щільності). При нескінченному часі виміру градаційного змісту оригіналу, тобто при вимірі "до крапки", алгоритм не впливає на кінцевий результат виміру градаційного змісту репродукції і тому проблема способів і алгоритмів виміру оптичної щільності при одному з критеріїв Ньюберга про достатність читаності синтезованої ілюстрації як серйозна математична проблема раніш не виникала. У такий спосіб вибір алгоритму виміру градаційного змісту в значній мірі носив довільний характер і, як правило, зводився до десятковому чи двоїчному числення. У запропонованому тут кінцевому часі виміру градаційного змісту оригіналу, тобто при вимірі "до інтервалу", між алгоритмами виміру градаційного змісту репродукції з'являється розходження що досягає з їхньою допомогою "точності" виміру оптичної щільності, що визначає комфортність сприйняття, під якою в даному випадку розуміється відношення вихідного інтервалу невизначеності до інтервалу невизначеності на завершальному

кроці виміру кількості градацій з урахуванням пропорцій золотого перетину (відношення цілого і його частини по Вейлю). У цих умовах вступає в дію друга конструктивна, на наш погляд, ідея про "ефективність" алгоритмів виміру градаційного змісту (називаних "оптимальними") у випадку, коли вони забезпечують найбільшу "точність" виміру оптичної щільності репродукції, а задача синтезу оптимальних алгоритмів виміру градаційного змісту і висувається як центральна задача конструктивної (алгоритмічної) теорії.

В законі Фехнера уперше спробувану кількісно оцінити психофізіологічну реакцію зору [1] на пропорції золотого перетину. Розподіл оцінок був близько до статистичної кривої Гауса. Оскільки знання психофізіологічних особливостей зору поряд з урахуванням технології і задач репродукційного процесу [5] дає можливість виробити критерії якості відтворених зображень і оптимізовані вимоги і до комфортності сприйняття синтезованої репродукції і до найбільш важливих ланок електронної репродукційної системи таким як, наприклад, ефективність градаційного коректора.

Загальновідомий закон Вебера-Фехнера для узагальнення психологічних особливостей сприйняття [4] зображень

$$\Delta V/V = \psi \quad (4)$$

де ψ – відносний поріг чи граничний контраст;

$V / \Delta V$ – контрастна чутливість ока.

У якості алгоритму дослідження пропонується використання при цьому менш відомої іншої роботи Фехнера [1], яка присвячена вивченню відносини сторін картин художників у найбільших музеях Європи. Учені визначили [1], що художники найчастіше віддають перевагу не прославленій пропорції сторін своїх картин "у чистому виді", а інші відносини величин. Тому не менш цікавий і інше питання: чому художники в ряді випадків свідомо уникають загальноприйнятої пропорції золотого перетину у формуванні конфігурації РЕ і ФБЛ, а також співвідношення сторін усієї картини і як це погодиться з градаційним змістом ?

Це здається незрозумілим, тому що саме люди мистецтва володіють і більшою чутливістю, і більшою сприйнятливістю ? Факт залишився без достатніх пояснень [1]. Фехнер установив [1], що співвідношення сторін картин, зібраних у європейських музеях за 400 років, не відповідають загальноприйнятому золотому перетину відносини сторін біля півтори тисяч жанрових картин, що рівні не довільним числам, а як тепер з'ясувалося інваріантам хвиль головного мозку α , β , γ , δ , ρ , σ і θ з погрішністю менш одного відсотка, але факт їхнього взаємовпливу на градаційний зміст картин залишив без уваги. Особливо цікаві для нашого дослідження дані про те, що висока точність збігу відносини сторін картин і інваріантів мозку у взаємодії з градаційним впливом на людину ніколи колись не досліджувалися.

У процесі творчості художник прагне виразити визначений настрій усіма доступними йому способами (і сам переживає його), будь те добавки чорної фарби для підкреслення контурів [5] для виразності, розмірами сторін картини, зміною градаційного змісту локальних ділянок сцени, наприклад, стан спокою, умиротворення при співвідношенні кратному впливу α -хвиль, чи конфлікту, тривоги, емоційного вибуху при співвідношенні кратному впливу γ -хвиль.

Природно, що при цьому він реалізує у своїй роботі інваріанти й інші хвилі, наприклад, δ чи θ . Коли художник цілком захоплений творчим процесом, натхненням, він використовує до межі усі свої можливості і наша задача в процесі електронного репродукування передати без перекручування, скажемо, градаційний зміст на синтезованій репродукції. У мозку художника переважає при цьому σ -хвиля, [1], або на межі його інтелектуальних можливостей переважає ρ -хвиля, як передбачається гіпотезою, що також і підтверджується статистикою Фехнера і нашими результатами експериментів.

Повторення нами досвіду Фехнера з дітьми восьми років показало [4], що вони не віддають переваги якій-небудь визначеній формі: квадрата, прямокутника, окружності при сприйнятті РЕ чи ФБЛ, співвідношення сторін чи картини градацій яскравості: у їхньому мозку ще не виробився інформаційний резонанс, як вказано в (табл.1.), для оптимального градаційного сприйняття зображення, як ми думаємо, а значить і немає резонансного сприйняття синтезованих зображень, тоді і немає резонансу β -хвилі, що іноді підмінюється γ -хвилями типу емоційного порушення. Звідси випливає, що [4] хвилі мозку розвиваються поступово як і градаційний зір людини, у міру дозрівання мозку. Тому дорослі люди віддають перевагу оптимальному градаційному змісту картини який засновано на принципах побудови золотого перетину.

Таблиця 1

Хвилі (ритми мозку)	δ	θ	α	β	γ
Діапазон, гц	0,5÷3,5	4÷7	8÷13	14÷35	33÷55
Становище мозку (людини)	Сон	Сприйняття негативне	Спокій	Робота мозку	Емоційне порушення

Люди античного світу такі як драматурги Аристофан і Софокл, поет Вергілій, скульптор Фидий і інші створили добутки, що по силі впливу і красі не уступають кращим добуткам [1] нашого часу, засновані на принципах золотого перетину, і навіть багато в чому їхній перевершують. Це доводить, що здатності людського мозку не змінилися за тисячі років. При цьому принцип актуалізму, відповідно до якого закони природи, що спостерігаються зараз, діяли й у минулому, залишається незмінним. У такий спосіб напрошується природний висновок про те, що в особливостях роботи головного мозку варто шукати розгадку не тільки знаменитого "перетину", але і комфортності сприйняття зображень, де однієї з основних характеристик ілюстрації є її градаційний зміст і отримані нами результати підтверджують це.

Мозок представляє собою, як відомо, самонастроювальну логічну систему [1], що формує мети і намічає шляху їхнього досягнення, наприклад, комфортності сприйняття синтезованого зображення, з метою оптимізації при цьому структури зв'язків нейронних мереж. Який ще невідомий загальний принцип самонастроювання мозку? Як мозок визначає строгу упорядкованість частотного розподілу хвиль у процесі сприйняття зображення? Залишимо відповіді на ці питання за рамками нашого розгляду й обмежимося тільки вузькими рамками уже відомих і підтверджених фактів в аспекті нашого дослідження.

Нейрони, як відомо, [1] взаємодіють за допомогою електричних сигналів [3]. Оптимізовані конфігурації нейронних мереж являють собою коливальні електричні ланцюги. Різним станам мозку відповідають коливання з різними частотами. Оскільки в кожній системі керування можна виділити основні, найбільш загальні принципи дії і їхнє число є звичайне не дуже великою. У цьому питанні мозок не виключення. Основним станам мозку відповідають визначені структури його нейронних ланцюгів зі своїми власними частотами [3] електричних коливань.

Експерименти фізіологів показали [1], що в зрілому мозку здорової людини при різних станах переважають визначені частотні діапазони електричних коливань. А найбільш точні виміри крайніх, граничних частот цих діапазонів були виконані П. Гуляєвим [1]. Кожну хвилю мозку позначаємо грецькою буквою для використання в роботі, тому вона має свій діапазон частот, що А. Соколов запропонував звести в (табл.2), але не дав цьому пояснення навіщо це потрібно в ЕРЗ

Таблиця 2

Найменування головних інваріантів мозку,	Типи хвиль мозку і їхній частотний діапазон, гц	Інваріанти алгоритмів хвиль мозку, S-перетину
альфа (α)	8 – 13	1,255
бета (β)	14 – 35	1,618
гама (γ)	33 – 55	1,285
дельта (δ)	0,5 – 3,5	1,232
ро (ρ)	55 – 118	1,465
сигма (σ)	118 – 225	1,380
тета (θ)	4 – 7	1,324

Приймаючи в принципі такий розподіл частотного діапазону з іншого погляду розглянемо вміст (табл.2) і при цьому уточнимо і конкретизуємо, на наш погляд, істотні подробиці, залишаючись за порогом встановлених іншими дослідниками рамок рішення поставленої нами задачі, що і є ключем до розгадки однієї зі сторін механізму комфортності сприйняття оком людини синтезованих зображень і його градаційного змісту.

Приведемо ряди р-чисел Фібоначчі $\varphi_p(n)$, які відповідають різним значенням р в (табл. 3)

Таблиця 3

n	Ряд чисел Фібоначчі при р													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	1	2	2^2	2^3	2^4	2^5	2^6	2^7	2^8	2^9	2^{10}	2^{11}	2^{12}	2^{13}
1	1	1	2	3	5	8	13	21	34	55	89	144	233	377
2	1	1	1	2	3	4	6	9	13	19	28	41	60	88
3	1	1	1	1	2	3	4	5	7	10	14	19	26	36
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
∞	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

З цією метою, при рішенні задачі Фібоначчі [2], позначимо через $\varphi_p(n)$ числовий ряд чисел Фібоначчі, де $n = 1,2,3,\dots$ числовий номер ряду і при кількості

кроків $p=1,2,3,\dots$, тоді з цих міркувань при $n>p$ впливає рекурентне співвідношення

$$\varphi_p(n) = \varphi_p(n-1) + \varphi_p(n-p-1) \quad (5)$$

де p – ціле ненегативне число.

Якщо розглядати тільки деякі фрагменти ряду, то знайдемо що p -числа Фібоначчі і степені золотого p -перетину [2], де є зв'язані з ними величини як подвійного вурфу $\Delta_2 = 2,618\dots$, так і одинарного вурфу $\Delta_1 = 1,309\dots$, і приведемо ряди p -чисел Фібоначчі $\varphi_p(n)$, які відповідають різним значенням p що ще раз підтверджує зроблені вище висновки і представлені в (табл.4)

Таблиця 4

n	Ряд чисел Фібоначчі при p=1			Ряд чисел Фібоначчі при p=2			
	$\varphi_p(n)$	a_1^n	a_1^{-n}	n	$\varphi_p(n)$	a_2^n	a_2^{-n}
1	1	.36180339887	.618033988749	:	:	:	:
2	1	.26180339887	.381966011250	14	88	.210909936634	A74136029790
3	2	.42360679774	.236067977499	15	129	.309103535647	.323516195920
:	:	:	:	:	189	.A53013249517	.220744095460
:	:	:	:	:	:	:	:

Було виявлено, що з підвищенням частоти [1] активація мозку збільшується і навпаки – чим більше активація мозку, тим вище частота хвиль. Наприклад, у дитини θ -хвиля виробляється в п'ятилітньому віці, раніш інших хвиль. Але α -хвиля найбільше часто є присутнім у нас. Є підстави думати, що відпочинок і відповідний йому α ритм мозку – це не відмова від дійсності, а скоріше готовність до дії. При домінуванні θ -хвилі чи α -хвилі мозок знаходиться в станах, найбільш важливих для виживання людини. Дослідження фізіологів [1] показали, що амплітуди і частоти електричних коливань мозку майже безупинно міняються в процесі життєдіяльності. При цьому помітити кількісні закономірності важко. На допомогу приходять ПЕВМ і реалізація нашої гіпотези про інформаційний резонанс [4], що розкриває суть проблеми комфортності сприйняття синтезованого зображення через оптимізацію однієї з її сторін – оптимального вибору градаційного змісту репродукції.

Науковці, як відомо, резонансом [3] називають збільшення амплітуди коливань об'єкта, коли його власна частота коливань збігається з частотою зовнішнього впливу. Для з'ясування принципової сторони питання обмежимося розглядом резонансу в простому коливальному контурі в який R і L – відповідно лінійні і постійні елементи, а $C=C(U_c)$ – нелінійна, залежна від напруги U_c , ємність. На контур діє гармонійний сигнал $e(t)=E\cos\omega t$; амплітуда E підтримується незмінної, а частота ω повільно змінюється. У цьому випадку при зняття резонансної характеристики контуру [3], виходимо з рівняння

$$L (di / dt) + R_i + U_c = E \cos \omega t \quad (6)$$

З який у підсумку визначається квадрат резонансної частоти контуру

$$\omega_0^2 = 1 / LC_0 \quad (7)$$

де C_0 – ємність контуру при $U_c \rightarrow 0$.

Існують більш загальні і складні види резонансу, як ми думаємо [5], при роботі мозку, і виходячи з цього будуємо свою гіпотезу: якщо конфігурація сприйманого зображення, або його градаційний зміст заснований на використанні золотого перетину, то мозок виявляється при цьому "набудованим" на нього. Як сказав поет Хафиз: "Страждає душу, якщо рівних собі не знаходить". Адже золотий перетин також не що інше, як відношення смуг при β ритмі. У цьому виявляється інформаційний резонанс, а значить і підтвердження нашої гіпотези про комфортність сприйняття синтезованого зображення через його градаційний зміст, як однієї зі сторін розглянутого процесу. Описана вище гіпотеза і математичне пояснення якогось з аспектів золотого перетину стосовно до механізму комфортності сприйняття зображень вимагає додаткового дослідження й аналізу всіх аспектів даної проблеми з урахуванням статистичних характеристик репродукційного процесу, але безсумнівно одне, що поява піків активності електричних коливань мозку на середніх геометричних частотах всіх інших хвиль є не що інше, як резонанс на цих частотах. У [1] отримані в такий спосіб графіки активності мозку як функції частоти; на них проглядалися чіткі максимуми, сплески. Спектрограми [1] експериментально підтвердили, що піки спектральної потужності, сплески найчастіше з'являються саме на таких частотах. Відзначимо, наприклад, що в стані спокою в більшості людей спостерігається чіткий максимум на частоті 10Гц. Але ж 10Гц – саме ця частота і є середнє геометричне крайніх частот α -хвиль рівне 8 і 13 Гц, тобто

$$10^2 \approx 8 \times 13 \quad (8)$$

При цьому стані мозку домінує β -хвиля, що тому потрібно вважати головною складовою частиною єдиної системи всіх електричних хвиль мозку. Середня геометрична частота, для неї складає 22,13 Гц, а дві смуги рівні 8,13 Гц і 12,87 Гц. Загальний же діапазон, тобто різниця крайніх частот, складає 21 Гц. І відносини цих величин друг до друга приводять нас до дивного результату – до золотого перетину

$$12,87 / 8,13 = 22,13 / 12,87 = 1,618 \quad (9)$$

Експериментально встановлено [1], що мозок у чомусь подібний електричного ланцюга з активного опору з'єднаного паралельно з конденсатором. Однак мозок ще генерує [3] електричні коливання, виходить, він аналогічний електронному генератору типу опір – ємність. Для одержання стійкої генерації на визначеній частоті необхідно, щоб сума фазових зрушень при обході [2] замкнуті кільця зворотного зв'язку був дорівнює 2π коефіцієнт підсилення був величиною, зворотної коефіцієнту зворотного зв'язку. Отже, генерація можлива на частоті, обумовленої простим співвідношенням

$$\omega_r^2 = 6/RC \quad (10)$$

де R і C – параметри генератора (опір і ємність).

Таки RC генератори добре відомі фахівцям [3]. Частота коливань генератора дорівнює середній геометричній частоті власних частот двох ланцюжків опір-ємність (для генерації необхідні як мінімум, два ланцюжки), що можуть служити моделлю для вивчення електричної активності мозку.

Кожен ланцюжок визначає одну з крайніх граничних частот діапазону даної хвилі мозку, що в кінцевому результаті можна представити наступним

співвідношенням

$$\omega_r^2 = 1 / R_1 R_2 C_1 C_2 \quad (13)$$

Відомо, що кожна частина будь-якої системи володіє деякими загальними властивостями [2] її головні частини, а також має й індивідуальні відмінності від всіх інших частин. Це справедливо і для системи алгоритмів функціонування мозку в цікавлячому нас аспекті комфортного сприйняття синтезованих зображень і градаційного його змісту. Однак залишаються неясними стани мозку, при яких домінують інші хвилі і чому вони не супроводжуються почуттям приємного. Для відповіді на це нелегке питання необхідно досліджувати дія частотного спектра усіх хвиль, а потім порівняти їх з алгоритмом дії хвилі β , тобто з відомим алгоритмом інваріанта золотого перетину. При цьому системний кількісний аналіз хвиль електричної активності мозку відкриває цікаві закономірності [1], представлені у виді числових інваріантів. Дійсно, задамося числовим параметром $S = 0,1,3,4,5,\dots$, що може приймати будь-як значення і розглянемо числовий ряд, $(S+1)$ перші члени якого – одиниці, а кожний з наступних дорівнює сумі двох членів попереднього і віддаленого від попереднього на S кроків. Якщо n -й член цього ряду позначимо через $\varphi_s(n)$, то виходячи з (5) одержимо шукану загальну формулу

$$\varphi_s(n) = \varphi_s(n-1) + \varphi_s(n-S-1) \quad (12)$$

При $S = 0$ одержимо вже знайомий золотий перетин, а з формули (12) ряд Фібоначчі. При значеннях $S = 2,3,4, \dots$, одержимо нові ряд чисел, що відомі як S -числа Фібоначчі. Тоді рівняння золотого S -перетину можливо представити як

$$x^{S+1} - x^S - 1 = 0 \quad (13)$$

де x^S – золота пропорція; – корінь рівняння чи інваріанти хвиль.

Ці співвідношення наочно виражені у фрагменті (в табл.5), але не приймали їх в увагу оскільки вони сприймалися абстрактно. В даний час ці таблиці знайшли зміст і значення. Результуючий фрагмент узагальненої таблиці золотого S -перетину представлений в табл.5.

Таблиця 5

S	0	1	2	3	4	5	6	7
x^S	2	1,518	1,465	1,360	1,324	1,285	1,255	1,232

Раніше були встановлений математичний зв'язок між золотим S -перетину і S -числами Фібоначчі. Віднесення сусідніх S -чисел Фібоначчі x^S с абсолютної математичної точністю співпадають у поріділі с золотими S -пропорціями. Математики у таких випадках говорять, що золоті S -перетину є числови інваріанти S -чисел Фібоначчі, а значить і інваріантами хвиль електричної активності головного мозку, що відкриває одну зі сторін проблеми градаційного змісту кольорових напівтонових зображень – комфортність їх сприйняття в процесі ЕРЗ і синтезу репродукцій.

Слід зазначити, що рівняння алгоритмів усіх хвиль, у тому числі і β -хвилі, містять як нульові що складаються (не вхідні в остаточні рівняння алгоритмів), так і спектр Фур'є [2] при розкладанні всіх типів хвиль [3], якому можна представити наступним вираженням, для чого візьмемо як систему сукупність функцій $c_1(t)$, $c_2(t)$, ... $c_m(t)$ представимо їхній як сукупність тригонометричних функцій кратних аргументів

}

$$\begin{aligned} c_0^2(t) &= 1/T; & c_1^2(t) &= 2/T \sin(2\pi/T)t; & c_2^2(t) &= 2/T \cos(2\pi/T)t; & (14) \\ c_3^2(t) &= 2/T \sin(2\pi/T)t; & & & c_1^2(t) &= 2/T \cos(2\pi/T)t; \dots \end{aligned}$$

Легко перевірити, що система (14) є ортонормальною [2] на відрізку T , а множники $2/T$ звичайно прийнятий відносити до коефіцієнтів. Тоді ряд Фур'є можна записати у виді

$$S(t) = c_0/2 + \sum_{k=1}^m (c_k \cos k(2\pi/T)t + S_k \sin k(2\pi/T)t) \quad (15)$$

де $\Omega = 2\pi/T$ – щонайнижча частота коливань гармонік; $k = 1, 2, 3, \dots$;
 m – будь-які цілі числа; T – період коливання; t – обрізок часу.

Складно визначити, який конкретний механізм роботи мозку відповідає кожній з перерахованих вище основних гармонік, що складаються, і як він відбивається на визначену розумову діяльність при оцінці комфортності чи ілюстрації її градаційного змісту, тому що загально прийнято було орієнтуватися на результуючу і з визначеним ступенем точності усереднену хвилю. Однак виконання додаткових операцій, що відповідають цим доданком, вимагає і відповідних розумових зусиль. Тепер стає зрозумілим, що зайві зусилля при виконанні будь-якої зорової роботи з обробки мозком зображення, особливо якщо основні конфігурації РЕ, ФБЛ і його градаційного змісту не вписуються в пропорції золотого перетину, тому і не можуть викликати позитивного сприйняття синтезованої ілюстрації і її градаційного змісту, чим і розкривається одна зі сторін механізму комфортності сприйняття будь-якої сцени. Звідси випливає, що β -хвиля займає особливе місце в системі хвиль мозку. Їй відповідає найбільше [1] "короткий" алгоритм активності, тому вона часто зв'язана з успішною діяльністю, із приємним почуттям, навіть з радістю, а виходить, і з комфортністю сприйняття синтезованих зображень. Порозумівається це тим, що в природі будь-яка жива істота уникає неприємного, це головний лейтмотив поведінки живого організму. Однак неприємне сприйняття оброблених і синтезованих ілюстрацій стало повсюдною концепцією побудови програмно-апаратних методів і засобів для систем ЕРЗ в ОУ ЗС України з метою досягнення першого критерію Н.Д. Ньюберга – читаності вмісту репродукції. З цим, природно, ми не згодні, тому що кроки, що починаються навіть у цьому напрямку, закордонними фірмами-виробниками апаратній-програмно-апаратної продукції не до кінця використовують наявні сьогодні наукові розробки в цій області, що і послужило приводом до викладу нашої позиції по даному питанню.

Інваріанти хвиль β і α – основні, а інші похідні від них і це вказує на те, що хвилі таких типів зв'язані з найбільш важливими параметрами мозку при сприйнятті зображень, як адаптивної, самонастроювальної системи. Хвиля β виникає в стані комфортного сприйняття пропорцій золотого перетину і характеризується успішним виконанням розумової роботи, а хвиля θ – з появою дискомфорту сприйняття градаційного змісту і характеризується неприємним сприйняттям через додаткові витрати розумової роботи. Ці дві абстрактні категорії "приємне" і "неприємне" протилежні, тому що це не тільки стану, але і процеси роботи мозку. Інваріанти цих хвиль, як говорять математики, дуальні і представляють протилежні чи мотивації

основні антагоністичні емоції, що лежать в основі оцінки якості зображення.

Опустимо зайві інформаційні подробиці риторики і розрахунків частот усіх гармонійних складових хвиль, навіть таких як β і θ , і представимо остаточне рішення у виді числових інваріантів. Варто враховувати, що середня геометрична частота поділяє діапазон частот будь-якої хвилі мозку на високочастотну і відносно низькочастотну області (смуги).

При цьому відношення цих смуг одна до іншої є постійна величина (інваріант) для даної хвилі, що залежить тільки від співвідношення крайніх частот цієї хвилі. Виходить таблиця числових інваріантів, що характеризує хвилі електричної активності головного мозку і підтверджує нашу гіпотезу про її ідентичність з формалізованим кроком градаційного зміни, що розкриває одну з граней проблеми комфортності сприйняття синтезованих зображень, зокрема, при побудові Атласу градаційних перетворень. Це дозволяє дати пояснення на багато хто, що нагромадилися в області електронної обробки, аналізу і синтезу зображень проблеми і питання у фундаментальних дослідженнях на новому і більш високому рівні розуміння процесів, що відбуваються. Тому розкриємо зміст у виді фрагмента Атласу в (табл. 6) і покажемо який буде мати вид Атлас градаційних перетворень PE і ФБЛ на основі числових інваріантів, що із простих дійсних і безособових чисел у виді перебору варіантів, як було раніш, знайшов реальний зміст і зміст. Для перевірки розробленого алгоритму рішення запропонованої нами гіпотези реалізуємо програму [4], що сформує зміст Атласу до 512-ти градацій яскравості кожного з елементів зображення.

ВИСНОВКИ: Це теоретичне обґрунтування дозволить не тільки висунути гіпотезу, але і знайти її підтвердження, що золоті S-перетину є числові інваріанти не тільки мозку, але і інваріанти, які мають вплив на комфортність сприйняття зображень які синтезуються а також на їх градаційний зміст. Будучи підтвердженої експериментально, ця гіпотеза (як закон гармонії систем) може мати фундаментальне значення як при практичній розробці програмно-апаратних методів і засобів аналізу, обробки і синтезу чорно-білих і кольорових напівтонових зображень в ОУ ЗС України.

Фрагмент таблиці Атласу градаційних перетворень з використанням числових інваріантів представлений у (табл.6)

Таблиця 6

№ п/п. Кількість масштабувань	Крок зміни града- цій РЕ і ФБЛ	№ п/п. Кількість масштабувань	Крок зміни града- цій РЕ і ФБЛ
275.1,015312687109259	1.1,618033988749895;	138.1,026623353714357;	
276.1,015267626017418	2.1,465571231876768;	139.1,0264715392115;	
277.1,015222854469238	3.1,380277569097614;	140.1,026321626803171;	
278.1,015178369589497	4.1,324717957244746;	141.1,026173579650522;	
279.1,015134168541466	5.1,28519903324535;	142.1,026027361878075;	
280.1,015090248526451	6.1,255422871076847;	143.1,025882938542059;	
281.1,015046606783054	7.1,232054631428572;	144.1,025740275600004;	
282.1,015003240586569	8.1,21314972305964;	145.1,025599339881529;	
283.1,014960147248366	9.1,197491433551681;	146.1,02546009906026;	
284.1,014917324115288	10.1,184276322350894;	147.1,025322521626848;	
285.1,014874768569066	11.1,17295075002398;	148.1,02518657686301;	
286.1,014832478025737	12.1,163119790669205;	149.1,025052234816568;	
287.1,014790449935078	13.1,154493550709057;	150.1,02491946627744;	
288.1,014748681780057	14.1,146854042199507;	151.1,024788242754521;	
289.1,01470717107628;	15.1,140033937477005;	152.1,024658536453448;	
290.1,014665915371466	16.1,133902490334838;	153.1,024530320255172;	
291.1,014624912244919	17.1,128355939691603;	154.1,024403567695344;	
292.1,014584159307018	18.1,123310806246327;	155.1,024278252944436;	
293.1,014543654198715	19.1,118699108052226;	156.1,024154350788603;	
294.1,01450339459104;	20.1,114464879953438;	157.1,024031836611232;	
295.1,01446337818462;	21.1,11056159812231;	158.1,023910686375157;	
296.1,014423602709206	22.1,106950245016882;	159.1,023790876605514;	
297.1,014384065923204	23.1,103597835338254;	160.1,023672384373199;	
298.1,014344765613227	24.1,100476279034371;	161.1,023555187278915;	
299.1,01430569959364;	25.1,097561494232328;	162.1,023439263437785;	
300.1,014266865706127	26.1,094832707905312;	163.1,023324591464494;	
301.1,014228261819259	27.1,092271899234358;	164.1,023211150458949;	
302.1,014189885828072	28.1,089863352616995;	165.1,02309891999244;	
303.1,014151735653654	29.1,087593295779059;	166.1,022987880094266;	
304.1,014113809242739	30.1,085449604556999;	167.1,022878011238826;	
305.1,014076104567307	31.1,083421560363418;	168.1,022769294333146;	
306.1,014038619624194	32.1,081499649619207;	169.1,022661710704817;	
307.1,014001352434708	33.1,079675396867517;	170.1,022555242090356;	
308.1,013964301044254	34.1,077941225110882;	171.1,022449870623932;	
309.1,013927463521963	35.1,076290338296725;	172.1,022345578826487;	
310.1,013890837960327	36.1,074716621934369;	173.1,022242349595199;	
311.1,013854422474848	37.1,073214558641918;	174.1,0221401661933;	
312.1,013818215203684	38.1,071779156054469;	175.1,022039012240221;	
313.1,013782214307309	39.1,070405885020282;	176.1,021938871702058;	
314.1,013746417968174	40.1,069090626401449;	177.1,021839728882344;	
315.1,013710824390377	41.1,067829625104681;	178.1,021741568413117;	
	42.1,066619450214228;	179.1,02164437524627;	

316.1,013675431799339
317.1,013640238441483
318.1,013605242583923
319.1,013570442514157
320.1,013535836539761
321.1,013501422988098
322.1,013467200206023
323.1,013433166559597
324.1,013399320433807
325.1,01336566023229;
326.1,01333218437706;
327.1,013298891308245
328.1,013265779483821
329.1,013232847379356
330.1,013200093487761
331.1,013167516319034
332.1,013135114400023
333.1,013102886274182
334.1,013070830501338
335.1,013038945657456
336.1,013007230334412
337.1,012975683139772
338.1,012944302696567
339.1,012913087643082
340.1,012882036632638
341.1,012851148333386
342.1,012820421428102
343.1,012789854613979
344.1,012759446602437
345.1,012729196118921
346.1,012699101902708
347.1,012669162706723
348.1,01263937729735;
349.1,012609744454247
350.1,012580262970171
351.1,012550931650796
352.1,012521749314542
353.1,012492714792402
354.1,012463826927774
355.1,012435084576296
356.1,012406486605681
357.1,012378031895559
358.1,012349719337315
359.1,01232154783394;
360.1,012293516299869
43.1,06545696029661;
44.1,064339273106198;
45.1,063263739049911;
46.1,062227917874511;
47.1,061229558126176;
48.1,060266579002843;
49.1,059337054278338;
50.1,058439198025797;
51.1,057571351908308;
52.1,056731973838418;
53.1,055919627836474;
54.1,055132974941605;
55.1,054370765049258;
56.1,053631829566251;
57.1,052915074788805;
58.1,052219475921354;
59.1,051544071664501;
60.1,050887959309532;
61.1,050250290284687;
62.1,049630266105079;
63.1,049027134683961;
64.1,048440186968044;
65.1,04786875386393;
66.1,047312203426515;
67.1,04676993828351;
68.1,046241393273137;
69.1,04572603327455;
70.1,045223351212784;
71.1,044732866221971;
72.1,044254121952263;
73.1,043786685007448;
74.1,043330143501553;
75.1,042884105723947;
76.1,04244819890347;
77.1,042022068063082;
78.1,041605374957336;
79.1,041197797085741;
80.1,040799026775703;
81.1,040408770329381;
82.1,040026747229264;
83.1,03965268939779;
84.1,039286340506742;
85.1,038927455332531;
86.1,038575799153826;
87.1,038231147188305;
180.1,021548134645183;
181.1,021452832176607;
182.1,02135845370281;
183.1,021264985373967;
184.1,021172413620784;
185.1,021080725147349;
186.1,020989906924205;
187.1,020899946181629;
188.1,020810830403123;
189.1,020722547319093;
190.1,020635084900723;
191.1,02054843135403;
192.1,020462575114095;
193.1,020377504839471;
194.1,020293209406741;
195.1,020209677905252;
196.1,02012689963199;
197.1,020044864086612;
198.1,019963560966612;
199.1,019882980162637;
200.1,019803111753923;
201.1,019723946003875;
202.1,019645473355762;
203.1,019567684428535;
204.1,019490570012765;
205.1,01941412106669;
206.1,019338328712375;
207.1,019263184231977;
208.1,019188679064111;
209.1,019114804800316;
210.1,019041553181618;
211.1,018968916095188;
212.1,01889688557108;
213.1,018825453779074;
214.1,018754613025584;
215.1,018684355750662;
216.1,018614674525078;
217.1,01854556204747;
218.1,018477011141578;
219.1,018409014753545;
220.1,018341565949289;
221.1,018274657911944;
222.1,018208283939366;
223.1,0181424374417;
224.1,018077111939016;

361.1,012265623660841
362.1,012237868853741
363.1,012210250826462
364.1,012182768537756
365.1,012155420957096
366.1,012128207064534
367.1,012101125850569
368.1,012074176316007
369.1,012047357471831
370.1,01202066833907;
371.1,011994107948671
372.1,011967675341372
373.1,011941369567577
374.1,011915189687233
375.1,011889134769709
376.1,011863203893681
377.1,011837396147009
378.1,011811710626623
379.1,011786146438414
380.1,011760702697115
381.1,011735378526197
382.1,011710173057756
383.1,011685085432408
384.1,011660114799185
385.1,011635260315426
386.1,011610521146683
387.1,011585896466612
388.1,011561385456877
389.1,011536987307057
390.1,01151270121454;
391.1,011488526384436
392.1,01146446202948;
393.1,011440507369941
394.1,01141666163353;
395.1,011392924055313
396.1,011369293877618
397.1,011345770349954
398.1,011322352728921
399.1,011299040278126
400.1,011275832268104
401.1,011252727976229
402.1,011229726686638
403.1,011206827690152
404.1,011184030284192
405.1,011161333772709
88.1,037893284065574;
89.1,03756200333356;
90.1,037237106995901;
91.1,036918405078087;
92.1,036605715220252;
93.1,036298862294745;
94.1,035997678046701;
95.1,035702000756017;
96.1,035411674919257;
97.1,035126550950104;
98.1,034846484897121;
99.1,034571338177637;
100.1,034300977326709;
101.1,034035273760151;
102.1,033774103550718;
103.1,033517347216603;
104.1,033264889521438;
105.1,033016619285107;
106.1,032772429204647;
107.1,032532215684651;
108.1,032295878676564;
109.1,03206332152633;
110.1,031834450829899;
111.1,031609176296103;
112.1,031387410616484;
113.1,031169069341649;
114.1,030954070763768;
115.1,030742335804883;
116.1,030533787910666;
117.1,030328352949329;
118.1,030125959115403;
119.1,029926536838094;
120.1,029730018693977;
121.1,02953633932379;
122.1,02934543535309;
123.1,029157245316575;
124.1,028971709585873;
125.1,028788770300604;
126.1,028608371302556;
127.1,028430458072798;
128.1,028254977671589;
129.1,028081878680924;
130.1,027911111149603;
131.1,027742626540668;
225.1,018012301059;
226.1,017947998534702;
227.1,017884198202344;
228.1,017820893999185;
229.1,017758079961432;
230.1,017695750222209;
231.1,017633899009576;
232.1,017572520644591;
233.1,017511609539429;
234.1,017451160195537;
235.1,017391167201841;
236.1,017331625232994;
237.1,017272529047665;
238.1,017213873486872;
239.1,017155653472352;
240.1,017097864004969;
241.1,017040500163169;
242.1,016983557101455;
243.1,016927030048914;
244.1,016870914307767;
245.1,016815205251963;
246.1,016759898325793;
247.1,016704989042552;
248.1,016650472983215;
249.1,016596345795157;
250.1,016542603190893;
251.1,016489240946855;
252.1,016436254902188;
253.1,016383640957579;
254.1,016331395074114;
255.1,016279513272152;
256.1,016227991630234;
257.1,016176826284009;
258.1,016126013425191;
259.1,01607554930053;
260.1,016025430210814;
261.1,015975652509886;
262.1,015926212603691;
263.1,015877106949332;
264.1,01582833205416;
265.1,01577988447487;
266.1,015731760816628;
267.1,015683957732211;
268.1,015636471921163;
132.1,027576377681114;

269.1,015589300128976; 406.1,0111387374661; 133.1,027412318713738;
270.1,015542439146282; 407.1,011116240681138 134.1,02725040505104;
271.1,015495885808066; 408.1,011093842740897 135.1,027090593331057;
272.1,015449636992896; 409.1,011071542974676 136.1,026932841375046;
273.1,01540368962216; 410.1,01104934071793; 137.1,02677710814692;
274.1,015358040659336; 411.1,011027235312198 412.1,011005226105031;
441.1,010406073538082; 470.1,009873703641993 413.1,010983312449924;
442.1,010386674106202; 471.1,009856398517858 414.1,010961493706251
443.1,010367353287994; 472.1,009839159282902 415.1,01093976923919;
444.1,010348110591568; 473.1,009821985549821 416.1,010918138419666;
445.1,010328945529195; 474.1,009804876934389 417.1,010896600624278;
446.1,010309857617263; 475.1,009787833055431 418.1,010875155235238;
447.1,010290846376235; 476.1,009770853534786 419.1,010853801640308;
448.1,010271911330606; 477.1,009753937997283 420.1,010832539232732;
449.1,010253052008858; 478.1,009737086070706 421.1,010811367411183;
450.1,01023426794342; 479.1,009720297385771 422.1,010790285579694;
451.1,010215558670624; 480.1,00970357157609; 423.1,0107692931476;
452.1,010196923730666; 481.1,009686908278147 424.1,010748389529482;
453.1,010178362667566; 482.1,009670307131268 425.1,010727574145102;
454.1,010159875029126; 483.1,009653767777593 426.1,01070684641935;
455.1,010141460366891; 484.1,009637289862048 427.1,010686205782188;
456.1,010123118236111; 485.1,009620873032321 428.1,010665651668588;
457.1,010104848195699; 486.1,009604516938829 429.1,010645183518481;
458.1,0100866498082; 487.1,009588221234695 430.1,0106248007767;
459.1,010068522639745; 488.1,009571985575724 431.1,010604502892929;
460.1,010050466260021; 489.1,00955580962037; 432.1,010584289321646;
461.1,010032480242228; 490.1,009539693029716 433.1,01056415952207;
462.1,010014564163049; 491.1,009523635467448 434.1,010544112958115;
463.1,00999671760261; 492.1,009507636599828 435.1,010524149098332;
464.1,009978940144445; 493.1,009491696095668 436.1,01050426741586;
465.1,009961231375462; 494.1,009475813626309 437.1,010484467388379;
466.1,009943590885912; 495.1,009459988865594 438.1,010464748498059;
467.1,009926018269348; 496.1,009444221489847 439.1,01044511023151;
468.1,009908513122596; 497.1,009428511177844 440.1,010425552079734;
469.1,00989107504572; 498.1,009412857610793 499.1,009397260472314;
504.1,009320110300814; 509.1,009244324731678 500.1,009381719448408;
505.1,009304845221744; 510.1,009229328092614 501.1,009366234227442;
506.1,009289634422111; 511.1,009214384265301 502.1,009350804500122;
507.1,009274477603995; 512.1,009199492962671 503.1,009335429959473;
508.1,009259374471689;

Список литературы

1. Повторна гра в потенційних іграх / Єрмольєв Ю. М., Флаам С. Д.
// Кибернетика и системный анализ. — 2002. — № 3. — С. 52-67.

2. Борис Миколайович Пшеничний. Два приклади впливу його наукових досліджень на мої роботи / Хіріарт-Урруті Ж.-Б. // Кибернетика и системный анализ. — 2002. — № 3. — С. 68-73.
3. Оптимізація сумованих функцій / Батухтін В.Д., Бігільдєєв С. І., Бігільдєєва Т. Б. // Кибернетика и системный анализ. — 2002. — № 3 — С. 73-89.
4. Стохастична коаліційна гра n осіб / Калускі Я. // Кибернетика и системный анализ. — 2002. — № 3. — С. 90-100.
5. Синтез оптимальних замкнутих систем / Габасов Р., Кирилова Ф. М., Балашевич Н. В. // Кибернетика и системный анализ. — 2002. — № 3 — С. 100-119.
6. Стійкість та подвійність невіпуклих задач при розширеному лагранжіані / Азімов А., Гасімов Р. Н. // Кибернетика и системный анализ. — 2002. — № 3. — С. 120-130.
7. До питання про співвідношення різних версій методу програмних ітерацій: позиційний варіант / Ченцов О. Г. // Кибернетика и системный анализ. — 2002. — № 3. — С. 130-149.

39. **Ситник А.Г.** Исследование и разработка принципов построения Атласа градационных преобразований при синтезе цветных полутонных изображений // Кибернетика и системный анализ. — № 5. — К.: ІК НАНУ, 1998. — С. 164 – 175.