

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію Груця Юрія Миколайовича “Теорія і структурно-алгоритмічні основи побудови спеціалізованих відео-комп’ютерних стереоскопічних 3D систем”, подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.05 “Комп’ютерні системи та компоненти”.

### 1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Ефективність економічного розвитку будь-якої індустріально розвиненої країни світу, і України в особливості, у великій мірі залежить від ступеня використання нових інформаційних технологій у виробництві, в управлінні, в науково-технічних дослідженнях. У звіті Національного наукового фонду США (National Science Foundation, NSF) «Візуалізація в наукових обчисленнях», який був опублікований ще в 1987 році окремим випуском журналу «Computer Graphics», було звернуто увагу вчених на катастрофічне зростання обсягів інформації, яку необхідно обробляти для підтримки науково-технічного прогресу, і підкреслено важливість інтерактивної візуалізації великих масивів даних. Ці висновки набувають особливої значущості і звучання в наші дні при обробці просторової динамічної інформації. Машинну графіку вважають важливим засобом підвищення продуктивності праці при дослідженні, управлінні, тренажі. Широке поширення отримали засоби півтонової кольорової машинної 3D-графіки, яка забезпечує формування якісних графічних сцен. Але у системах з такою графікою не враховується особливість бінокулярного зору людини, який є головним інструментом для відчуття просторових взаємозв'язків, і саме тому стереоскопічна 3D-візуалізація використовується для візуалізації тих просторових задач, коли півтонова 3D-графіка неможлива. Це – каркасні задачі: траєкторні, польові, фізико-хімічні та інші. Для науково-дослідницьких і проектно-конструкторських робіт, пов'язаних з синтезом, аналізом, моделюванням складних видів каркасних комп'ютерних або натурно-комп'ютерних стереозображень, реалістичність і швидкість адекватного сприйняття віртуального зображення при визначенні просторової зони інтересу дослідника є принциповим і важливим питанням. Існує ряд сучасних задач і проблем, вирішення яких дасть можливість суттєво підвищити реалістичність та швидкість адекватного сприйняття складних каркасних та натурно-каркасних стереозображень.

Дисертація Груця Ю.М. спрямована на вирішення цих задач і проблем і присвячена створенню та дослідженню теоретичних, структурних та алгоритмічних основ побудови спеціалізованих стереоскопічних 3D-систем, орієнтованих на каркасну та натурно-каркасну інформацію. Дослідження виконувались в рамках тематики ІПМЕ, що має вагомe державне значення і відноситься до ключових інформаційних технологій. В зв'язку з цим актуальність дисертаційної роботи Ю. М. Груця не викликає жодних сумнівів.

*Михайло Вх 19*  
*18.09.19*

## **2. Наукова новизна результатів роботи**

Наукова новизна дисертаційної роботи Ю. М. Груця обумовлена тим, що в ній запропоновано теорію і структурно-алгоритмічні основи побудови спеціалізованих високопродуктивних реалістичних відео-комп'ютерних стереоскопічних 3D-систем, яким притаманні можливості для підвищення рівня і швидкості адекватного сприйняття складних каркасних і натурно-каркасних стереозображень. До нових наукових результатів належать наступні розробки автора:

1. Розроблено «операторний метод стереоперетворень» для постійного, змінного та трьохповоротного стереоракурсів спостереження, на базі якого вирішено кореспондентську задачу для каркасних графічних стереозображень та проблему крайового стереоефекту в каркасних графічних стереозображеннях; розроблено ряд нових математичних моделей графічних стерео процедур; вирішено задачу аналізу геометричних деформацій за рахунок іншого базису і/або ракурсу спостереження в різних системах; розроблено математичні моделі аналізу в геометричних системах та метод натурно-комп'ютерного графічного стереомодельовання з каркасною графікою.
2. Запропоновано обчислювальні процедури, орієнтовані на групові арифметичні операції.
3. Отримали подальший розвиток два методи синтезу операційних пристроїв групових арифметичних операцій: метод надлишкового кодування та метод детермінованого синтезу.
4. Розроблено основні принципи та структурно-алгоритмічні основи конструювання стереоскопічного телевізійно - обчислювального комплексу для відображення комбінованої натурно-каркасної 3D-інформації.
5. Розроблено теоретичні основи побудови стереосистеми визначення позиції спостерігача перед монітором.
6. Запропоновано концепцію та основні принципи конструювання волюметричної системи на основі гібридної шаруватості.

## **3. Достовірність наукових результатів**

Достовірність більшості наукових положень дисертації Груця Ю.М. підтверджується перевіркою запропонованих теоретичних положень, методів, структур та алгоритмів в розроблених апаратних і програмних засобах збігом практичних результатів з прогнозованими на базі теорії, а також – фактами реального впровадження основних результатів роботи в діяльності установ і організацій.

## **4. Практична корисність роботи**

Практична корисність роботи полягає в тому, що на основі отриманих теоретичних положень розроблено, створено та передано Замовнику ряд високопродуктивних стереоскопічних спеціалізованих систем, орієнтованих

на досягнення реалістичності та високого рівня адекватності відображення каркасної та натурно-каркасної 3D-інформації.

## 5. Структура дисертаційної роботи

Дисертація Ю.М. Груця містить загалом 348 сторінок і складається із вступу, восьми розділів (включаючи висновки по розділах), списку використаних джерел, на які є посилання в роботі, та трьох додатків. Її структура відповідає меті та сформульованим задачам досліджень і розробок.

У вступі містяться всі необхідні для докторської дисертації положення і формулювання: актуальність теми, зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, мета і завдання дослідження, об'єкт дослідження, предмет дослідження, методи дослідження, наукова новизна, практичне значення отриманих результатів, особистий внесок здобувача, апробація результатів дослідження, публікації.

В першому розділі «Проблеми адекватної візуалізації каркасних стереозображень» проведено огляд і аналіз сучасних стереоскопічних засобів, які з'явилися на ринку за останні роки. Розглянуто просторові задачі, рішення яких призводить до візуалізації тривимірних зображень каркасного виду. Визначено основні задачі, вирішення яких дасть можливість суттєво підвищити продуктивність, реалістичність та адекватність сприйняття складних каркасних стереозображень. Показано, що каркасні графічні 3D-стереозображення є важливим класом в спектрі інших завдань просторової візуалізації. Аналіз різних способів сепарації стереопар і сучасних промислових стереодисплеїв показав, що для цілей комп'ютерного та відео-комп'ютерного 3D-стереомоделювання з каркасною графікою оптимальним методом сепарації стереопар є анагліфічний.

В другому розділі «Операторний метод стереоперетворень» розроблено новий формальний математичний апарат, що встановлює взаємнооднозначну відповідність між 3D-координатами та стереокоординатами для постійного, змінного та трьохповоротних стереоракурсів спостереження, а також – для постійного ракурсу спостереження в стереосистемах, що містять плоске дзеркало. Матеріали другого розділу є фундаментом, на базі якого отримані результати в подальших розділах дисертації. Операторний метод стереоперетворень дає можливість для каркасних зображень організувати процедури зворотного зв'язку від стереокоординат до просторових координат, і при особливій формі запису стереобаз зображень забезпечує розв'язок кореспондентської задачі. Отримано модифікації формул прямого стереооператора постійного ракурсу, що вимагають мінімуму обчислювальних операцій і орієнтовані на синтез швидкодіючих спеціалізованих обчислювачів, які реалізують перетворення з просторової області в стерео-область. Отримано матричні нерівності для розрахунку передекранної і заекранної зон стереобачення для каркасних стереозображень.

В третьому розділі «Графічні стереопроцедури каркасних зображень» на базі операторного методу стереоперетворень отримано традиційні і нові

інтерактивні графічні стереопроцедури для каркасних 3D-зображень. Традиційні стереопроцедури, такі, як зсув, масштабування поворот, малювання, можуть бути виконаними щодо будь-якої точки стереопростору, яка встановлюється за допомогою тривимірного стереокурсора в інтерактивному режимі. Тривимірні координати центру стереокурсора постійно виводяться на екран монітора. Нові стереопроцедури «стереорекурсія», «стереоінтерполяція», «стереовікно», «стереоогляд», «стереозанурення», що вперше запропоновані автором, істотно розширили можливості каркасної стереографіки і дозволили вирішити кореспондентську задачу й проблему крайового ефекту для каркасних стереозображень.

В четвертому розділі «Математичні моделі для аналізу геометричних спотворень в стерео баченні» застосовано операторний метод стереоперетворень для аналізу геометричних спотворень при використанні іншого базису і/або ракурсу спостереження в системах «стереоекран – спостерігач», «об'єкт – стереокамера – стереопроектор – стереоекран», «об'єкт – стереокамера – стереопроектор – стереоекран – спостерігач» для різних випадків розташування стереокамери та стереопроектора. Це дало можливість встановлювати факт адекватності сформованої тривимірної моделі запитам спостерігача при різних умовах спостереження, зйомки і візуалізації. Отримані моделі можна розглядати як новий інструментарій для проектування стереосистем з мінімальними спотвореннями.

В п'ятому розділі «Обчислювальні процедури, які використовують групові операції» доведено, що групова арифметична операція скалярного множення двох дійсних векторів є домінуючою не тільки в процедурах 3D-графіки та стереографіки, а також в багатьох обчислювальних процесах алгебри, аналізу, в матричних перетвореннях. Наприклад, цікавим є спосіб постановки систем лінійних диференціальних рівнянь в T-області за методом Г.Є.Пухова на обчислювальних структурах зі змішаним кодуванням, орієнтований на обчислювач групової операції. Для тих спеціалізованих стереосистем, які включені в контур оперативного управління важливими критичними динамічними процесами, спеціалізований обчислювач сум парних додатків дасть істотне підвищення продуктивності обчислень.

В шостому розділі «Методи синтезу процесорів групових арифметичних операцій» отримали подальший розвиток два методи синтезу обчислювачів групових арифметичних операцій: метод надлишкового кодування і метод детермінованого синтезу. Обидва методи дозволяють з єдиних позицій синтезувати швидкі обчислювальні комбінаційні структури обчислювачів. Перший досить формалізований, а тому розробник при синтезі не замислюється про знаки операндів, оскільки всі перетворення проводяться на ділянці зображень, де всі числа тільки додатні. Однак цей метод потребує збільшену кількість обладнання. Другий метод більш складний, вимагає від розробника спеціальних знань і творчості, але зате дозволяє створювати економічні схеми комбінаційних матричних обчислювачів високої продуктивності. Також розглянута система залишкових класів з модулем, кратним двійці.

В сьомому розділі «Спеціалізовані стереоскопічні 3D системи» розглянуто телевізійну стереоскопічну систему відображення цифрової інформації (ТССОЦ), стереоскопічну систему відображення натурної інформації (ССОНІ) та стереоскопічний телевізійно-обчислювальний комплекс (СТОК) для відображення комбінованої натурно-каркасної 3D-інформації, в яких реалізовано запропонований метод натурно-комп'ютерного графічного стереомоделювання. Розроблено теоретичні основи побудови стереосистеми визначення позиції спостерігача перед монітором, що дозволило спроектувати бездротову стереосистему визначення 6 ступенів свободи позиції голови спостерігача перед монітором, орієнтовану на процедури операторного методу стереоперетворення. Запропоновано принцип побудови та алгоритм руху багатокамерної стереосистеми стеження за рухомим об'єктом в ближній зоні, що дозволяє проектувати системи стереоскопічного зору для робототехнічних комплексів.

В восьмому розділі «Волюметрична система відображення на базі гібридної шаруватості» запропоновано концепцію та основні принципи конструювання волюметричної системи на основі шаруватих блоків рідинно-кристальних матриць із загальним підсвічуванням у обертових плоских дзеркалах.

Додатки містять математичні доведення деяких формул, копії документів щодо впровадження результатів роботи, а також фотографії виготовлених і переданих Замовникам систем (ТССОЦ, ССОНІ), комплексу СТОК і зображень з екрану.

## **6. Публікації по темі дисертації**

Основні наукові результати дисертації викладені в 57 наукових працях, з яких: 34 – відповідають вимогам до опублікування результатів дисертацій, у тому числі 1 монографія, видана в видавництві «Наукова думка» 1969 року, 18 – у наукових журналах що індексуються міжнародними наукометричними базами даних (3 – у базі Scopus ); 16 – у матеріалах конференцій; 7 – в інших виданнях, з яких 2 авторських свідоцтва та 2 препринти. В цілому публікаційний доробок автора достатньо повно висвітлює матеріали всіх розділів дисертації.

## **7. Автореферат дисертації**

Автореферат дисертації адекватно відображає дисертаційну роботу і забезпечує достатню репрезентацію її змісту.

## **8. Критичні зауваження**

Недоліками роботи вважаю наступне:

1. Метою дисертаційної роботи доцільно було б назвати розробку теорії і структурно-алгоритмічних основ побудови стереоскопічних 3D-систем, що

- підвищить продуктивність, реалістичність та адекватність сприйняття складних комбінованих стереозображень.
2. Автор назвав перший розділ як «Проблеми адекватної візуалізації каркасних стереозображень», але за змістом в розділі дано технічний аналіз наявних стереодисплеїв і задекларовано шість задач, вирішення яких дасть можливість суттєво підвищити продуктивність і рівень реалістичності та адекватного сприйняття складних каркасних стереозображень. З тексту не ясно, в чому полягають проблеми і з яких задач, що названі, вони можуть складатись.
  3. У висновках до розділу 3 стверджується, що модельні експерименти підтвердили правильність закладених принципів синтезу просторових інтерполяційних кривих. Але в тексті розділу відсутня інформація про постановку й проведення цих експериментів.
  4. В розділі 4 математичними моделями названо розрахункові формули (4.38), (4.68), (4.76), (4.88). В подальшому відсутні відомості про відповідні симулятори як апаратно-програмні реалізації цих «моделей».
  5. Для прискорення обчислювальних процедур автор пропонує лише процесори групових арифметичних операцій, не аналізуючи інші можливі підходи з області розпаралелювання обчислень на різних рівнях (розряди, команди, процеси, потоки).
  6. Відсутність чіткої області розмежування застосувань позиційної системи числення і системи в залишкових класах при змішаному кодуванні, орієнтованому на реалізацію групової арифметичної операції скалярного добутку двох дійсних векторів.
  7. В першому розділі доцільно було б дати аналіз робіт, релевантних темі дисертації і в якості висновків привести проблеми і задачі, які мають бути вирішені для досягнення сформульованої мети. Таке оформлення роботи сприяло б поліпшенню її значення для постановки навчальних дисциплін в технічних університетах.
  8. В текстах дисертації та автореферату є стилістичні та граматичні «огріхи».

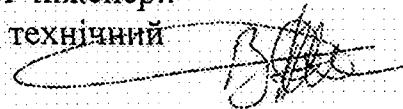
## 9. Загальна оцінка роботи

Зважаючи переваги та недоліки роботи та оцінюючи її в цілому, слід вказати, що приведені вище зауваження більшою мірою стосуються недосконалого стилю подання матеріалу дисертації як закінченого науково-літературного твору. Однак ці зауваження не викликають сумніву в суті її основних наукових положень, доказів і результатів. Робота загалом суттєво доповнює і розвиває теорію і практику створення спеціалізованих стереоскопічних натурно-комп'ютерних 3D-систем.

Вважаю, що дисертаційна робота Груця Ю.М. є повним і завершеним науковим дослідженням, яке в цілому відповідає п.п. 9.11.13 "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника".

В роботі у вигляді нових математичних методів, нових графічних стерео- процедур, нових моделей аналізу спотворень, нових обчислювальних процесів і методів кодування при синтезі пристроїв для виконання групової арифметичної операції запропоновано рішення важливої науково-прикладної задачі побудови високопродуктивних спеціалізованих стереоскопічних комп'ютерних та відео-комп'ютерних 3D-систем з високоякісною адекватною технологією візуалізації обробки та сприйняття каркасних графічних просторових зображень. Результати роботи у сукупності є суттєвими для вирішення проблем і задач, про які йшлося в обґрунтуванні актуальності і наукової новизни роботи. Дисертація в цілому відповідає паспорту спеціальності 05.13.05 «Комп'ютерні системи та компоненти», а її автору, Груцю Юрію Миколайовичу, може бути присуджений науковий ступень доктора технічних наук.

Офіційний опонент-  
доктор техн. наук, професор,  
завідувач кафедри комп'ютерної інженерії  
ДВНЗ «Донецький національний технічний  
університет», м. Покровськ



В.А.Святний

*Підпис д.т.н. проф. Святний В.А. завідувач :*

*Професор  
Don NTU*



*Груць В.І. Воронцова*