

Tehnici vizuale de analiză a datelor masive multidimensionale

Dorian Gorgan, Mircea Cătălin Cătană, Teodor Ștefanuț

Departamentul Calculatoare, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Str. G. Barițiu, Nr. 28, 400027, Cluj-Napoca

E-mail: {dorian.gorgan, teodor.stefanut}@cs.utcluj.ro, mircea.catalin.catana@gmail.com

Rezumat. Lucrarea propune tehnicile de analiză vizuală ca o soluție pentru comunitatea științifică preocupată de dezvoltarea unor algoritmi performanți pentru explorarea și analizarea depozitelor de date masive multidimensionale. Infrastructurile actuale de calcul de înaltă performanță cum sunt cloud, grid, multicore sau cluster sunt capabile mai mult sau mai puțin să satisfacă cerințele de calcul pentru transformarea, clasificarea și evidențierea datelor semnificative. Chiar și așa, capacitatea de analiză a acestor sisteme este încă limitată. Fără îndoială, creierul uman are o mult mai mare capacitate de analiză și sinteză. Pentru exemplificare, lucrarea prezintă dezvoltarea și experimentarea unor tehnici de analiză vizuală în domeniul jocurilor de strategie. Sunt exemplificate și evaluate tehnicile vizuale pentru dezvoltarea unor strategii pentru jocurile de tipul turnuri de apărare. Este elaborată metrica de evaluare a strategiilor și sunt experimentate tehnici de navigare vizuală interactivă în spațiul valorilor, pentru a asigura convergența spre soluții optime. Tehnicile de analiză vizuală și soluțiile exemplificate se adresează atât jucătorilor care doresc să-și îmbunătățească performanțele cât și dezvoltatorilor de jocuri strategice.

Cuvinte cheie: analiza vizuală, navigare interactivă, spațiul de valori, strategii de jocuri.

1. Introducere

Cantitatea de date spațiale achiziționate prin sistemele de senzori din teren (ex. temperatură, calitatea apei, umiditatea solului etc), sau sateliți (ex. imagini satelitare) crește considerabil cu peste 1TB în fiecare zi. La nivel global erau stocați, în 2012 peste 2.8 ZB, de zece ori cantitatea de date din 2007. Se estimează pentru 2020 un volum de peste 40 ZB, de 14 ori volumul de date din 2012. Dar, nu este suficientă stocarea datelor. Aceste date trebuie în final prelucrate și utilizate. Totuși, abia 3% din aceste date au fost adnotate și, doar 0.5% analizate într-o anumită măsură. Stocarea, administrarea și prelucrarea datelor masive și distribuite costă foarte mult, iar valoarea datelor se confirmă și aduce beneficii doar dacă sunt prelucrate, înțelese și utilizate.

Prelucrarea datelor inițiale se face cu scopul analizării și înțelegerii cunoștințelor încapsulate în date heterogene, în formate diferite și, provenite din surse diverse și distribuite. Utilizarea datelor și a cunoștințelor constă în transformarea lor în informații publicate în funcție de domeniu, aplicație și context.

Una din problemele care preocupă comunitatea științifică este prelucrarea acestor date și păstrarea doar a celor utile. Acest obiectiv este unul foarte greu de atins, deși se fac eforturi semnificative în acest sens. Este greu de răspuns la întrebări precum: Care date sunt importante? Care sunt algoritmi cei mai buni pentru a extrage cunoștințele și informațiile utile pentru un anumit domeniu, categorii de aplicații, context sau categorii de utilizatori? Datele eliminate acum nu ar putea ascunde informații care să poată fi relevate cu algoritmi care vor fi elaborați ulterior? Care sunt infrastructurile de calcul de înaltă performanță care ar putea satisface cerințele de prelucrare cum ar fi scalabilitate, viteză, acuratețe, volum, varietate, sau complexitate?

Momentan soluțiile de calcul performant se bazează pe infrastructurile de tip cluster GPU, procesoare multicore, arhitecturi grid și, în ultimii ani, de tip cloud. Totuși metodele de analiză, interpretare și înțelegere automată a datelor sunt încă departe de a fi rezolvate, în special în dezvoltarea unor algoritmi adaptivi orientați pe semantică.

Una din soluțiile propuse de comunitatea științifică este analiza vizuală (visual analytics), ca o colaborare între capacitatea de procesare a unei infrastructuri de calcul performant HPC (High Performance Computation) și, abilitatea creierului uman de analiză și interpretare a informației vizuale (Figura 1).

În literatura de specialitate există mai multe tendințe de a defini paradigma Visual Analytics. Una din definiții specifică: „visual analytics este raționamentul analitic prin vizualizarea și navigarea interactivă în spațiile de valori” (Gorgan, 2015). Utilizatorul vizualizează spațiul valorilor unui model sau system, iar prin tehnici de interacțiune navighează în aceste spații, căutând zone de interes sau puncte critice pentru procesul studiat. Acest proces de căutare este conform unui raționament analitic al unui specialist în domeniul studiat (ex. specialist în mediu, hidrolog, meteorolog, agricultor). Pentru acest specialist spațiul valorilor are o semnificație pe care o poate studia și interpreta. Raționamentul analitic sau capacitatea de analiză și sinteză se bazează pe întregul bagaj de cunoștințe și experiență al

specialistului în domeniul specific (ex. earth science – științele pământului, earth observation – observarea pământului).



Figura 1. Ciclul de analiză vizuală a datelor ca o colaborare între mașină și utilizatorul uman

În această lucrare sunt prezentate dezvoltarea și experimentarea unor tehnici de analiză vizuală în domeniul jocurilor de strategie. Sunt exemplificate și evaluate tehnicile vizuale pentru dezvoltarea unor strategii pentru jocurile strategice de tipul turnuri de apărare. Dezvoltarea unor strategii de joc este o problemă complexă care necesită căutarea unor cazuri de optim în spațiul n-dimensional. Lucrarea prezintă metrice de evaluare a strategiilor și diferite tehnici de navigare vizuală interactivă în spațiul valorilor pentru a asigura convergența spre soluții optime.

Lucrarea este structurată astfel: Secțiunea 2 prezintă alte realizări corelate din literatura de specialitate. Secțiunea 3 definește modelul multidimensional și prezintă câteva modalități de vizualizare a modelului. Secțiunea 4 este un studiu de caz în domeniul dezvoltării strategiilor în jocurile de tipul turnuri de apărare. Sunt prezentate soluțiile de analiză vizuală în contextul jocurilor strategice. Secțiunea 5 analizează rezultatele experimentale, iar Secțiunea 6 prezintă concluziile și direcțiile viitoare specifice și generale de dezvoltare.

2. Stadiul actual în analiza vizuală

Domeniul analizei vizuale a cunoscut o dezvoltare accelerată în decursul ultimilor ani, comunitatea științifică acordând o importanță deosebită potențialului pe care acesta îl are. Tehnicile dezvoltate în contextul acestui domeniu sunt utilizate pentru rezolvarea unor probleme cu un grad ridicat de complexitate, ale căror soluții sunt greu identificabile datorită diversității informațiilor implicate și a volumului de date care trebuie analizate.

În prezent, diferite tehnici din domeniul analizei vizuale sunt utilizate cu succes în aplicații din domeniul Observării Pământului (Gorgan et al., 2012), în analiza dinamicii mulțimilor (Sabou și Gorgan, 2014), analiza fluxurilor de date (Mansmann et al., 2012) etc.

Explorarea interactivă a unui volum mare de informații ridică însă numeroase probleme interdisciplinare și solicită o strânsă coordonare între componente din domeniile (Keim et al., 2008): vizualizarea informațiilor, prelucrarea și analiza datelor, gestiunea datelor masive și interacțiune om-calculator. Pentru un nivel ridicat de eficiență și relevanță este foarte important ca în îmbinarea tuturor acestor elemente să se țină cont de profilul și modelul mental al utilizatorului.

Una dintre principalele provocări ale analizei vizuale evidențiată de Krstajic și Keim (2013) este reprezentarea datelor masive astfel încât utilizatorul să nu fie copleșit de către acestea. Analiza efectuată asupra celor mai uzuale metode de reprezentare relevă faptul că acestea nu au flexibilitatea necesară încorporării și gestionării vizuale a fluxurilor de date sau a datelor statice de mari dimensiuni. De asemenea, suportul pentru reprezentarea corelațiilor dintre informațiile inter-dependente este foarte limitat, oferind un sprijin minim utilizatorului în identificarea acestora.

Gradul de interactivitate cu care utilizatorul poate analiza informațiile prezentate este de asemenea un element cheie în succesul utilizării tehnicilor de analiză vizuală. Acesta este direct influențat de numeroși factori, dintre care amintim de viteza de acces la informații, capacitatea de procesare a datelor, eficiența și flexibilitatea algoritmilor de analiză, metaforele și tehnicile de interacțiune aflate la dispoziția utilizatorului, capabilitățile de afișare ale dispozitivului folosit etc.

Unul dintre domeniile în care unelte dezvoltate pe baza analizei vizuale sunt utilizate frecvent, este cel al dezvoltării jocurilor (Seif El-Nasr et al., 2013). Astfel, sisteme cum sunt TRUE (Kim et al., 2008), dezvoltat de Microsoft Game Studios, Pathways (Gagné et al., 2011) sau Dados (Moura

et al., 2011) sunt folosite pentru a facilita vizualizarea și analiza comportamentului jucătorilor utilizând informații spațiale, temporale, analiza evenimentelor și acțiunilor din timpul jocului etc. Aceste sisteme sunt însă adresate exclusiv dezvoltatorilor și, nu prezintă facilități accesibile jucătorilor.

Algoritmii și uneltele propuse de noi în cadrul acestui articol sunt specializate în utilizarea analizei vizuale în vederea stabilirii unei strategii optime de joc în cadrul jocurilor de tipul turnuri de apărare. Spre deosebire de soluțiile menționate anterior, abordarea propusă se adresează atât jucătorilor care doresc să-și îmbunătățească performanțele cât și dezvoltatorilor de jocuri.

3. Spațiul multidimensional

3.1. Definirea modelului multidimensional

Să definim un model al unui sistem real ca fiind setul $\mathcal{M}(\mathcal{P}, \mathcal{F}, \mathcal{S}, \mathcal{C})$, unde:

\mathcal{P} – Setul parametrilor de bază, independenți. Acești parametri definesc sistemul de coordonate al modelului (p_1, p_2, \dots, p_n) .

\mathcal{F} – Setul de funcții care se pot folosi peste setul de parametri \mathcal{P} . Astfel de funcții sunt de exemplu funcții primare $f_1(p_1, p_2, \dots, p_n)$, sau compuse din funcții primare sau alte funcții compuse $g = f_1 \circ f_2, \dots$

\mathcal{S} – Setul de stări pe care le poate avea modelul. Setul de stări poate fi definit exclusiv prin setul de parametri \mathcal{P} , dar poate fi reprezentat și vizualizat în funcție de subseturi ale mulțimilor \mathcal{P} și \mathcal{F} . Una din condițiile de vizualizare a modelului este existența posibilității de calcul dinamic la vizualizare a oricărei stări solicitate a modelului.

\mathcal{C} – Setul de condiții care permit tranziția modelului dintr-o stare în alta din \mathcal{S} .

3.2. Vizualizarea modelului

O instanță a modelului poate fi vizualizată în spațiul ecran, care este bidimensional. De exemplu, în proiecție ortogonală pot fi prezentate trei caracteristici de descriere a modelului. Două caracteristici pot fi

reprezentate pe axele orizontală și verticală ale ecranului, corespunzătoare unor parametri p_i și p_j ai modelului. A treia caracteristică este o funcție $F(p_i, p_j)$, iar valoarea funcției este prezentată în plan printr-o nuanță de culoare sau un simbol grafic. Dacă introducem o a treia axă reprezentând domeniul de valori al funcției F obținem o prezentare tridimensională sub forma unei suprafețe. Prezentarea tridimensională este percepută mai ușor de către utilizator dacă folosim proiecția axonometrică pe planul ecranului. Dacă vrem să evidențiem evoluția în timp a valorilor funcției F putem folosi prezentarea prin culoare a succesiunii în timp a punctelor pe suprafața 3D (ex. ca o curbă sau regiuni succesive).

În Figura 2 este vizualizat spațiul culoare $L*a*b$ pentru un obiect 3D. Cele trei axe sunt domenii ordonate liniar ale valorilor L , a și b . Valoarea culorii este determinată în funcție de nuanța de culoare a punctului de pe suprafața obiectului. Se poate observa distribuția valorilor culoare în spațiul $L*a*b$ (Figura 2a), dar nu se poate observa asocierea culorii cu punctul real al obiectului 3D, în coordonate spațiale euclidiene rectangulare (xyz).

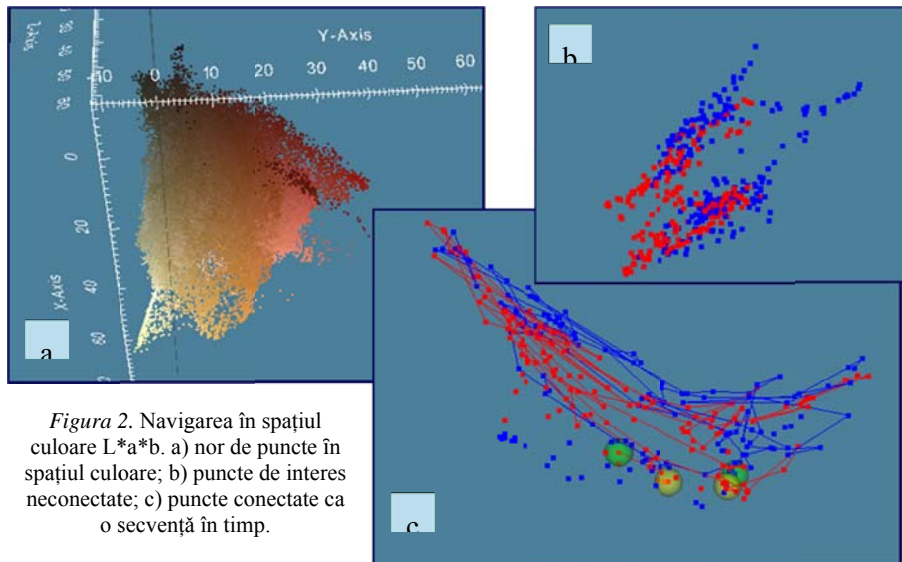


Figura 2. Navigarea în spațiul culoare $L*a*b$. a) nor de puncte în spațiul culoare; b) puncte de interes neconectate; c) puncte conectate ca o secvență în timp.

Pentru a observa această relație ar trebui să folosim o altă vizualizare a obiectului 3D în care să includem coordonatele x , y și z ca axe de prezentare.

Vizualizarea unor puncte de interes este prezentată prin două culori. Chiar și în această prezentare este dificil să identificăm evoluția procesului (Figura 2b). Dacă vrem să prezentăm o secvență a punctelor de interes conform procesării în timp, putem reprezenta printr-o polilinie succesiunea de puncte (Figura 2c).

Generalizând, pentru a prezenta $k+1$ caracteristici de descriere ale unui model n dimensional, ecranul este planul de proiecție axonometrică a k axe (a_1, \dots, a_k) ale modelului și al unei funcții $F(a_1, \dots, a_k)$, unde a_i sunt elemente ale mulțimii \mathcal{P} , iar F o funcție din mulțimea \mathcal{F} . Totuși, în multe unelte de vizualizare, pentru a permite o percepție clară și o navigare interactivă k este limitat la valoarea 3, în proiecție axonometrică ortogonală sau axonometrică perspectivă, sau la mai multe proiecții plane ($k=2$). Spre exemplu, cele trei axe pot fi vârsta, calificarea, numărul de sarcini rezolvate, iar funcția poate fi satisfacția profesională a unei persoane. În proiecții plane se pot folosi trei plane cu perechi de coordonate (vârsta, calificarea), (calificarea, numărul de sarcini rezolvate), (numărul de sarcini rezolvate, vârsta), iar valoarea poate fi și o aceeași funcție reprezentată (satisfacția profesională).

În literatura de specialitate sunt descrise moduri foarte variate de reprezentare și vizualizare a unor entități cu atribute și a relațiilor dintre ele (Beham et al., 2014). Unul dintre cele mai utilizate moduri este graful spațial (Figura 3).

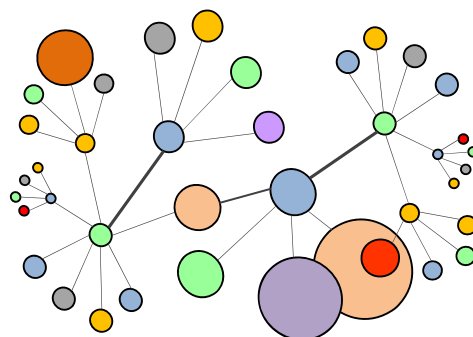


Figura 3. Vizualizarea spațială a unui graf.

Se vor exemplifica în continuare câteva cazuri de analiză vizuală în dezvoltarea strategiilor pentru jocurile pe calculator.

4. Dezvoltarea strategiei în jocurile pe calculator

4.1 Jocurile cu turnuri de apărare

Jocurile TDG cu turnuri de apărare (TDG – Tower Defence Games) sunt jocuri de strategie, în care utilizatorul joacă singur împotriva calculatorului (Figura 4a). Jucătorul trebuie să apere un anumit obiectiv prin construirea unor turnuri care trag asupra unor ținte adverse generate de către calculator. Scopul calculatorului este ca țintele să ajungă la obiectivul utilizatorului. Țintele se deplasează întotdeauna pe un traseu predefinit de la intrarea în câmpul de luptă până la obiectiv. Țintele sunt generate și introduse în joc în grupuri cu putere din ce în ce mai mare. Scopul și strategia jucătorului constă în decizia de a cheltui cât mai puține resurse pentru construirea turnurilor care să apere obiectivul. După lovirea fiecărei ținte, jucătorul primește o cantitate de resurse pe care le va folosi mai târziu la construirea unor turnuri mai puternice. Jucătorul câștigă dacă până la sfârșitul jocului un număr mai mic de ținte, decât un prag dat, au atins obiectivul.

Dezvoltarea unor strategii câștigătoare necesită o bogată experiență din partea jucătorului și un număr foarte mare de încercări. Uneltele software existente pentru generarea și studiul strategiilor sunt special construite pentru fiecare joc în parte.

Jocurile video sunt sisteme de o complexitate mare cu o mulțime de variabile, iar găsirea unor cazuri optime prin generarea tuturor combinațiilor este foarte laborioasă sau imposibilă. Metoda descrisă în această lucrare se bazează pe combinarea puterii de prelucrare a calculatorului cu puterea de raționament analitic a utilizatorului uman. Metoda permite analiza vizuală a strategiilor din jocurile TDG pentru secvențe de intrări specifice.

4.2 Echilibrul între efortul mental și efortul fizic

Analizând dificultatea și provocarea din jocurile strategice Hsu Shang Hwa et al. (2007) au evidențiat două aspecte importante: efortul mental și efortul fizic. În contextul jocurilor strategice efortul mental este determinat de disponibilitatea informației. Cu alte cuvinte, cu cât i se dă jucătorului mai multă informație despre starea jocului și acțiunile care se petrec, cu atât va depune un efort mental mai mic, iar jocul îi va solicita un efort fizic mai mic. Dacă în schimb i se dă prea puțină informație, jucătorul va tinde să

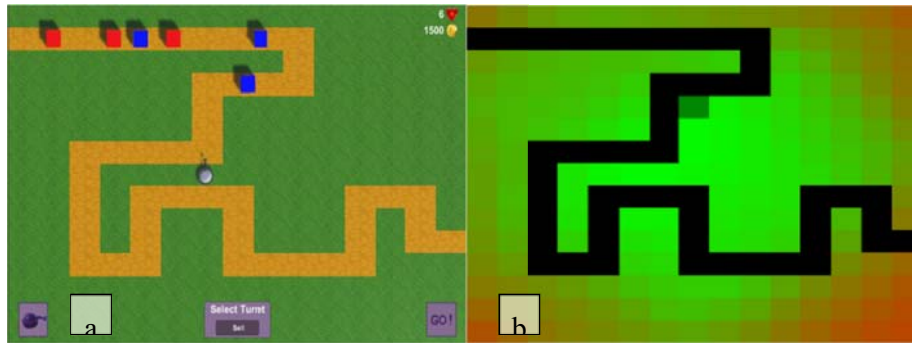


Figura 4. a) Spațiul jocului strategic de apărare prin turnuri; b) Reprezentarea funcției de optim prin nuanță de culoare în funcție de poziția turnului în spațiul de joc.

abandoneze jocul, ajungând la concluzia că nu este capabil să câștige, iar efortul fizic necesar ar fi prea mare. Prin urmare, proiectantul jocului trebuie să realizeze un echilibru în furnizarea informației, astfel încât să mențină ridicat nivelul de interes și angajament al jucătorului. Același echilibru trebuie realizat și în cazul efortului fizic. În jocurile strategice efortul fizic se măsoară în cantitatea de resurse disponibile jucătorului. Deci, pentru ca un joc să fie atractiv, cantitatea de resurse disponibile nu trebuie să fie nici prea mare dar nici prea mică.

În cazul jocurilor TDG trebuie să existe un echilibru între datele pe care jucătorul le are despre următoarele grupuri de ținte adverse (efortul mental) și cantitatea resurselor disponibile pentru construirea turnurilor (efortul fizic). Succesul strategiilor din jocurile TDG constă în calibrarea echilibrului potrivit între cei doi factori.

4.3 Analiza vizuală

Unelte pentru analiza și dezvoltarea strategiilor din jocurile video trebuie să permită calibrarea celor două tipuri de efort: mental și fizic. Rezolvarea acestei probleme este de fapt rezolvarea unui sistem n -dimensional, în care fiecare dimensiune este o variabilă din jocul strategic. Domeniul de valori al fiecărei variabile și relațiile dintre ele sunt specifice fiecărui joc.

Starea de echilibru este definită conform unei metrici specifice jocului iar concret, această metrică este definită ca o funcție de optim a modelului n -

dimensional (Figura 4b). Căutarea valorii de optim se face prin navigarea vizuală interactivă în spațiul stărilor modelului, printr-un control, la un moment dat, a unui număr limitat de variabile sau parametri.

În funcție de cunoștințele de specialitate și abilitatea de analiză rapidă a datelor, utilizatorul va decide setul optim de variabile și parametri și, valorile pentru care sistemul de prelucrare va calcula stările modelului din vecinătatea poziției n-dimensionale curente. Astfel, în mod dinamic utilizatorul are posibilitatea vizualizării tuturor stărilor dintr-o vecinătate dată a poziției curente, identificând în același timp direcțiile de convergență spre un optim. În mod particular, vecinătatea se poate extinde la întreg spațiul de lucru. În Figura 4.b este reprezentată funcția de optim prin culoare în tot spațiul de joacă.

Oprirea procesului de căutare a valorilor de optim este determinată de către jucător care poate alege să meargă mai departe până când nu mai sunt modificări vizibile ale datelor, semnaland prin aceasta că optimul a fost atins, sau să oprească mai repede căutarea obținând o soluție parțială prin câteva iterații.

Pentru experimentele în cazul particular al jocurilor cu turnuri de apărare vom analiza următoarele trei elemente: (a) construirea unui simulator al jocului; (b) dezvoltarea algoritmilor pentru analiza strategiei; (c) construirea tehnicilor de vizualizare și interacțiune cu modelul.

Construirea simulatorului de joc

Pentru a studia strategiile jocurilor TDG s-a dezvoltat un sistem de testare pentru acest tip de jocuri. Implementarea sistemului se bazează pe motorul de jocuri Unity3D care permite prototipizarea rapidă a oricărui joc. Specificarea entităților jocului se face prin intermediul unui fișier de configurare, astfel încât sistemul este capabil să realizeze o simulare funcțională completă a jocului care se va integra direct cu uneltele de analiză.

Metricile de evaluare a jocului

Înainte de construirea algoritmilor au fost analizate specificațiile turnurilor de apărare și determinate metricile de evaluare. Au fost identificate următoarele considerente importante în strategia turnurilor de apărare:

- Starea de sănătate a jucătorului la finalul jocului;
- Resursele neconsumate;

- Diferența dintre daunele totale și punctele obținute prin lovirea țintelor inamice;
- Timpul total de joc.

Starea de sănătate a jucătorului la finalul jocului înseamnă câte ținte adverse au reușit să treacă de turnuri. Cu cât punctele obținute prin lovirea adversarului sunt mai multe, cu atât strategia folosită este mai bună. Resursele nefolosite determină de asemenea, valoarea strategiei. Cu cât resursele folosite sunt mai puține, cu atât este mai bună strategia. Diferența dintre daunele totale provocate și punctele obținute prin lovirea adversarului este un factor de evaluare a strategiei. Realizarea unor daune mai mari decât este necesar înseamnă resurse salvate pentru operații ulterioare. La fel, timpul de joc este o măsură a eficienței. Timpul mai mic determină un scor mai mare de evaluare a strategiei.

Eficiența finală a strategiei este calculată conform formulei:

$$\text{Efficiency} = a * \text{PlayerHealth} + b * \text{ResourcesUnspent} + c * (\text{TotalDamage} - \text{TotalEnemyHealth}) + d * \text{TotalTime}$$

Pentru a calcula eficiența trebuie să avem toate informațiile despre termenii formulei. În jocurile TDG țintele inamice vin în grupuri și, în fiecare moment, avem informații doar despre grupurile de ținte care au intrat deja în joc. Deci, dezvoltarea unei strategii pentru un joc nu este posibilă de la început, ci doar după ce un joc s-a derulat complet și au intrat toate țintele în joc.

Dezvoltarea algoritmilor de analiză strategică

Sistemul trebuie să fie capabil nu doar să-l ajute pe jucător să câștige rundele jocului, ci și să acumuleze pe parcursul jocului informații suficiente despre ținte, astfel încât la sfârșitul jocului să se poată elabora o strategie globală de joc. În lucrare se propun două tipuri de algoritmi:

1. **Optim Local** – algoritmul prelucrează doar grupul curent de ținte inamice și resursele disponibile la acel moment. Algoritmul va crea un turn cu configurația optimă pentru a învinge eficient grupul curent de ținte.
2. **Strategia Globală** – algoritmul se va executa la sfârșitul jocului, când sunt disponibile informațiile despre toate grupurile de ținte.

Algoritmul va combina toate strategiile de optim local determinate și, va elabora o strategie globală luând în considerare toate informațiile.

Pentru elaborarea algoritmilor vom defini modelul n-dimensional al jocului TDG. Considerăm următoarele tipuri de entități fixe și variabile. Entitățile fixe sunt specificate în configurarea jocului, iar entitățile variabile sunt cele influențate de deciziile jucătorului pe parcursul jocului.

```

Entități fixe:
Game_World {
    Map,
    Path
}
Enemy {
    Health,
    Speed,
    Damage
}

Entități variabile:
Turret {
    Position,
    Range,
    Damage,
    Firing_Speed
}

```

Algoritmul de Optim Local va încerca să echilibreze parametrii turnului (engl. turret) astfel încât costul turnului să fie minim, dar turnul să poată elimina toate țintele inamice din grupul curent. Parametrii Range (domeniu) și Position (poziție) sunt în cadrul spațiului de joc definit de Game_World. Combinarea perfectă a acestor parametri permite turnului să lovească țintele un timp cât mai mare.

Parametrii Range, Damage (daună) și Firing_Speed (viteza de lovire) depind de componenta Enemy (inamic) și, definesc daunele pe care le poate realiza turnul atât timp cât țintele sunt în domeniul său de tragere.

Sistemul este configurat pentru un domeniu particular de valori pentru toți parametrii și afișează rezultatele folosind tehnici de vizualizare specifice.

Tehnici de vizualizare și navigare

În continuare sunt prezentate tehnicile de vizualizare și interacțiune care permit raționamentul analitic și navigarea în spațiul valorilor, pentru o căutare convergentă a soluțiilor strategice optime.

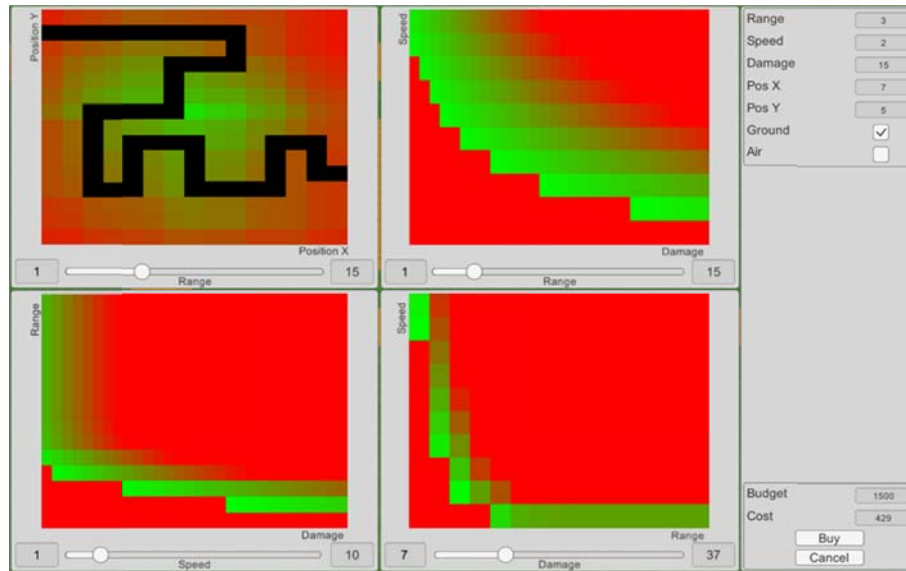


Figura 5. Navigarea în spațiile valore prin vizualizare simultană a mai multor proiecții plane în care axele de coordonate sunt parametri care definesc turnurile.

Este foarte dificil pentru orice persoană să raționeze în problemele din spațiul n -dimensional, în special dacă $n > 3$ și când axele nu reprezintă neapărat poziția în spațiul euclidian. Pentru a sprijini procesul decizional am construit tehnici de interacțiune care folosesc o serie de proiecții 2D, unde axele de coordonate sunt parametri care definesc un turn (Figura 5). Fiecare proiecție 2D are un parametru suplimentar, al 3-lea controlat printr-un slider. Prin acest al 3-lea parametru se adaugă a treia axă, iar reprezentarea 2D devine o proiecție plană ortogonală pe a 3-a axă. Se obține astfel o navigare într-un spațiu 3D.

Cu scopul de a oferi o mai bună și mai rapidă înțelegere a datelor, în Figura 5 culoarea punctelor afișate în proiecția 2D codifică valoarea funcției EficiențaStrategiei (Efficiency). Punctele cu o eficiență a strategiei mai mare sunt afișate cu culoarea verde deschis, iar cele cu un scor slab al eficienței au culoarea roșu. În acest mod utilizatorul poate căuta foarte repede în spațiul de valori al parametrilor, urmărind concentrarea punctelor

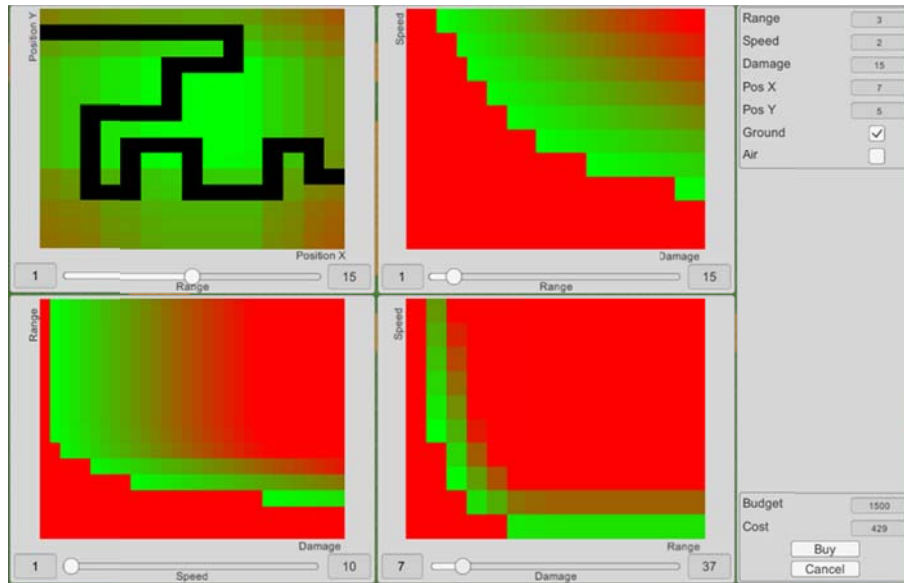


Figura 6. Vizualizarea unor poziții de convergență spre valori optime ale funcției de eficiență a strategiei.

de culoare verde, care indică o convergență spre optimul eficienței strategice (Figura 6).

Pentru a reprezenta valoarea funcției eficiență în spațiul euclidian, folosim axele de coordonate x și y , care definesc proiecția pe planul orizontal al spațiului de joc. Numărul total al combinațiilor posibile folosind 2 parametri pe axe și unul pentru slider, în modelul descris în lucrare, este 30. Totuși unele combinații nu au sens pentru că nu permit un raționament analitic util. Proiecțiile 2D prin care utilizatorul poate naviga spre o convergență spre soluții optime sunt următoarele:

- Proiecția 2D cu axele x și y specificând poziția turnului în spațiul de joc. Al treilea parametru, controlat prin slider, este parametrul Range;
- 3 proiecții 2D care combină prin rotație parametrii Damage, Firing_Speed și Range pe cele două axe și slider.

Cu aceste patru proiecții utilizatorul poate naviga prin spațiul valorilor turnului, iar folosind reprezentarea prin culoare a funcției Efficiency, poate

alege cele mai bune combinații pentru a converge spre o soluție de optim local a turnului (Figura 6).

Optimizarea locală și globală

Prin folosirea uneltelor de analiză vizuală pentru fiecare grup de ținte inamic ale unui joc, utilizatorul tinde să câștige fiecare joc și să acumuleze toate informațiile necesare pentru a construi o strategie globală. Odată ce se atinge cu succes finalul jocului, se consideră în continuare optimul local ca un prag pe care strategia trebuie să-l atingă în fiecare etapă (grup de ținte).

De asemenea, obținând informații despre toate grupurile de ținte, rezultă că algoritmul de optimizare globală poate căuta combinații de turnuri care să atingă aceste praguri pentru țintele viitoare, în fiecare etapă. Aceasta reduce necesitatea construirii unui turn anume pentru fiecare etapă. Același turn, cu aceiași parametri, poate fi folosit în continuare în etapele următoare. Se realizează astfel importante economii care permit continuarea jocului cu un buget limitat.

Prin analizarea combinațiilor posibile care permit atingerea tuturor pragurilor, sistemul poate elabora o strategie globală, specificând utilizatorului când să creeze un nou turn și cu ce parametri.

O observație importantă a întregului proces este că strategia globală se bazează pe opțiunile locale ale utilizatorului. Din acest motiv, abordarea propusă nu garantează utilizatorului că va construi cea mai bună strategie globală, ci poate favoriza dezvoltarea unor strategii globale chiar foarte slabe. Succesul celei mai bune strategii globale depinde de modul în care proiectantul jocului a calibrat nivelele de dificultate ale jocului și, de modul în care jucătorul va opta pentru soluțiile locale în fiecare etapă.

5. Rezultate experimentale

Sistemul implementat în vederea validării experimentale permite utilizatorului să simuleze într-un mediu de test orice scenariu care respectă modelul TDG. Modelarea entităților din joc se realizează prin intermediul unui fișier de configurare.

Experimentele au fost realizate cu două tipuri de turnuri și mai multe tipuri de ținte inamice. Au fost organizate două tipuri de test pentru a obține rezultate atât din perspectiva jucătorului care vrea să-și îmbunătățească

strategiile, cât și din perspectiva dezvoltatorului de jocuri, care vrea să-și calibreze nivelele de dificultate ale jocului.

5.1 Teste din perspectiva jucătorului

În testele având ca obiectiv strategia jucătorului, am folosit trei categorii de experimente. În prima categorie am folosit scenarii în care jucătorul folosește sistemul fără a avea acces la uneltele de analiză vizuală. Rezultatele finale ale acestei etape au arătat că utilizatorul a fost capabil să câștige, dar luând unele decizii greșite, cum ar fi utilizarea mai multor resurse decât ar fi fost disponibile.

În testele din a doua categorie am simulat aceleași scenarii, însă jucătorul a avut acces la uneltele de analiză vizuală. De această dată, jucătorul a folosit pentru turnuri parametrii specificați de uneltele de analiză, reușind să câștige mult mai repede și fără pierderi mari.

În testele din a treia categorie, după ce jucătorul a câștigat jocul folosind uneltele de analiză, am folosit sistemul pentru a genera și salva într-un fișier strategia obținută pe baza deciziilor jucătorului. Am executat încă o dată jocul conform strategiei citite din fișier.

În final am analizat comparativ rezultatele celor trei categorii de teste. Din datele obținute în cele trei categorii de teste am măsurat diferențele eficienței strategice calculate conform metricii descrise în această lucrare. Calculele au arătat o mare diferență între testele din prima și a doua categorie. Diferențele dintre testele din categoria a doua și a treia nu au fost semnificative. Totuși, deși strategia în cazul categoriei a treia este mai bună, timpul de calcul al strategiei pentru jocuri mult mai grele decât cel folosit în teste ar putea fi un dezavantaj.

5.2 Teste din perspectiva dezvoltatorului de jocuri

În testele din perspectiva dezvoltatorului de jocuri am luat în considerare obiectivul principal al dezvoltatorului de a configura nivelul de dificultate al jocului. S-au creat scenarii pentru a genera atât un nivel ușor cât și greu pentru o configurație de patru grupuri de ținte.

Experimentul a parcurs următorii pași:

A. Stabilirea nivelului mare de dificultate

1. Configurarea nivelului existent din sistemul de test;

2. Pentru a genera dificultate mare am luat cele mai bune decizii asupra parametrilor turnului și, am notat cum s-au comportat țintele în fiecare etapă;
 3. La sfârșitul etapei am compensat diferența dintre configurația țintelor și daunele pe care turnurile ideale le-ar putea produce;
 4. Am executat din nou testele și am analizat cum se comportă turnurile față de noile grupuri de ținte;
 5. După un număr mic de iterații am determinat compoziția grupului de ținte care poate fi distrusă complet numai dacă jucătorul ia cele mai bune decizii asupra parametrilor turnului și, am considerat acest rezultat ca fiind nivelul de dificultate mare;
- B. Determinarea nivelului de dificultate mică
1. Mai departe, pornind de la această configurație executăm câteva iterații reducând compoziția grupurilor de ținte;
 2. Aceasta permite utilizatorului să aleagă turnuri care nu sunt ideale dar, încă rezistă până la sfârșitul jocului;
 3. Cu aceste configurații stabilim nivelul de dificultate mică al jocului.

Ambele scenarii de test au demonstrat utilitatea uneltelor de analiză. Al doilea tip de teste a necesitat un număr mai mare de iterații decât cel estimat pentru a atinge nivelul de dificultate dorit.

6. Concluzii

Pentru generarea strategiei globale pentru un joc utilizatorul trebuie să învingă individual fiecare grup de ținte folosind modul normal de joc. După obținerea strategiilor individuale pentru fiecare grup se generează strategia globală, automat de către sistem. Strategia globală se salvează într-un fișier text, corespunzător configurației respective de joc.

Fișierul strategy.txt conține instrucțiunile referitoare la cum trebuie executată pas cu pas strategia de joc. Fișierul conține specificații exacte ale fiecărui parametru pentru fiecare turn necesar pentru execuția tactică și timpul când trebuie creat fiecare turn. Se dau informații despre bugetul total pe care îl are la dispoziție jucătorul pentru fiecare grup de ținte. Fișierul

strategie este aplicabil atât unei sesiuni de test cât și unei sesiuni de execuție ulterioară a jocului.

Dezvoltări viitoare specifice

În varianta actuală de dezvoltare sistemul nu produce automat o strategie globală optimă, chiar dacă strategiile locale au fost optime. Una din direcțiile de dezvoltare va fi proiectarea și experimentarea unor algoritmi pentru generarea unor strategii globale, urmând aceleași tehnici de analiză vizuală. Se va dezvolta o metrică de evaluare și comparare a calității diferitelor versiuni ale aceleiași strategii globale.

O altă direcție de cercetare se referă la tehnicile de interacțiune pentru generarea și validarea configurației de joc, înainte ca jocul să fie deja configurat și lansat în execuție.

De asemenea, pentru o mai mare flexibilitate a testelor se va îmbunătăți controlul secvențelor de test, pentru a permite reluarea și modificarea atât a grupurilor individuale de ținte cât și a diferitelor secvențe a grupurilor de ținte.

Dezvoltări viitoare generale

Una din facilitățile software utile în special dezvoltatorilor de jocuri este reverse engineering. Prin această facilitate utilizatorul, folosind algoritmi orientați spre strategii specifice, ar putea genera specificațiile unui nivel de dificultate a jocului.

O altă direcție de dezvoltare se referă la crearea unor sisteme adaptive folosind tehnici de inteligență artificială. Prin analiza strategiei, sistemul va putea modifica modul în care execută jocul, în funcție de deciziile jucătorului. De exemplu, în cazuri de dificultate mare, sistemul folosind tehnici inteligente, poate analiza deciziile jucătorului prin modulele de analiză strategică și poate îmbunătăți nivelul deciziilor luate de către jucător. În acest mod sistemul ar putea oricând modifica desfășurarea jocului față de strategia predefinită, oferind o mai bună abilitate de răspuns, odată ce experiența jucătorului nu este niciodată aceeași.

Referințe

Beham M., Herzner W., Groller M.E., Kehrer J., (2014) Cupid: Cluster-Based Exploration of Geometry Generators with Parallel Coordinates and Radial Trees, *IEEE Tr.on Visualization and Computer Graphics*, Vol.20, Nr.12, pp.1693-1702.

- Gagné, A.R., Seif El-Nasr, M., Shaw, C.D., (2011) A Deeper Look at the use of Telemetry for Analysis of Player Behavior in RTS Games, *Entertainment Computing – ICEC 2011*, pp 247-257.
- Gorgan D., Bacu V., Mihon D., Rodila D., Abbaspour, K., and Rouholahnejad, E. (2012) Grid based calibration of SWAT hydrological models, *Journal of Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 12, pp. 2411-2423.
- Hsu Shang Hwa, Ming-Hui Wen, Muh-Cherng Wu, (2007) Exploring design features for enhancing players' challenge in strategy games, *CyberPsychology & Behavior* 10.3, pp.393-397.
- Keim, D.A., Andrienko, G., Fekete, J.D., Gorg, C., Kohlhammer, J., Melancon, G. (2008) Visual Analytics: Definition, Process, and Challenges, *Information Visualization*, A. Kerren et al. (Eds.), LNCS 4950, pp. 154–175.
- Keim D.A., Kohlhammer J., Ellis G., Mansmann F., (2010) *Mastering the Information Age. Solving Problems with Visual Analytics*, Eurographics Assoc.
- Kim, J. H., Gunn, D. V., Schuh, E., Phillips, B., Pagulayan, R. J., Wixon, D., (2008) Tracking real-time user experience (TRUE): a comprehensive instrumentation solution for complex systems. *Proceeding of the twenty-sixth annual CHI conference on Human factors in computing systems – CHI '08*, (p. 443).
- Krstajic, M., Keim, D.A., (2013) Visualization of streaming data: Observing change and context in information visualization techniques, *Big Data, 2013 IEEE International Conference on*, pp.41-47.
- Mansmann, F., Fischer, F., Keim, D.A. (2012) Dynamic Visual Analytics - Facing the Real-Time Challenge, *Expanding the Frontiers of Visual Analytics and Visualization*, J. Dill et al. (Eds.), pp 69-80.
- Moura, D., Seif El-Nasr, M., Shaw, C., (2011) Visualizing and Understanding Players' Behavior in Video Games: Discovering Patterns and Supporting Aggregation and Comparison, *Siggraph 2011*.
- Seif El-Nasr, M., Drachen, A., Canossa, A., (2013) Visual Analytics Tools – A Lens into Player's Temporal Progression and Behavior. *Game Analytics: Maximizing the Value of Player Data*, Chapter 19. Springer Science & Business Media