

UNIVERSITATEA "ALEXANDRU-IOAN CUZA" DIN IAȘI

FACULTATEA DE INFORMATICĂ



LUCRARE DE LICENȚĂ

**Generare Procedurala
Folosind Modele Markov**

propusă de

Alexandru Loghin

Sesiunea: februarie, 2019

Coordonator științific

Lect. Dr. Anca Vitcu

UNIVERSITATEA "ALEXANDRU-IOAN CUZA" DIN IAȘI

FACULTATEA DE INFORMATICĂ

**Generare Procedurala
Folosind Modele Markov**

Alexandru Loghin

Sesiunea: februarie, 2019

Coordonator științific

Lect. Dr. Anca Vitcu

Avizat,
Îndrumător lucrare de licență,
Lect. Dr. Anca Vitcu.

Data: Semnătura:

Declarație privind originalitatea conținutului lucrării de licență

Subsemnatul **Loghin Alexandru** domiciliat în **România, jud. Iași, mun. Iași, calea Buzăului, nr. 25, bl. A, et. 5, ap. 45**, născut la data de **01 ianuarie 2018**, identificat prin CNP **1234567891234**, absolvent al Facultății de informatică, **Facultatea de informatică** specializarea **informatică**, promoția 2019, declar pe propria răspundere cunoscând consecințele falsului în declarații în sensul art. 326 din Noul Cod Penal și dispozițiile Legii Educației Naționale nr. 1/2011 art. 143 al. 4 și 5 referitoare la plagiat, că lucrarea de licență cu titlul **Generare Procedurala Folosind Modele Markov** elaborată sub îndrumarea domnului **Lect. Dr. Anca Vitcu**, pe care urmează să o susțin în fața comisiei este originală, îmi aparține și îmi asum conținutul său în întregime.

De asemenea, declar că sunt de acord ca lucrarea mea de licență să fie verificată prin orice modalitate legală pentru confirmarea originalității, consimțind inclusiv la introducerea conținutului ei într-o bază de date în acest scop.

Am luat la cunoștință despre faptul că este interzisă comercializarea de lucrări științifice în vederea facilitării falsificării de către cumpărător a calității de autor al unei lucrări de licență, de diplomă sau de disertație și în acest sens, declar pe proprie răspundere că lucrarea de față nu a fost copiată ci reprezintă rodul cercetării pe care am întreprins-o.

Data:

Semnătura:

Declarație de consimțământ

Prin prezenta declar că sunt de acord ca lucrarea de licență cu titlul **Generare Procedurala**

Folosind Modele Markov, codul sursă al programelor și celelalte conținuturi (grafice, multimedia, date de test, etc.) care însoțesc această lucrare să fie utilizate în cadrul Facultății de informatică.

De asemenea, sunt de acord ca Facultatea de informatică de la Universitatea "Alexandru-Ioan Cuza" din Iași, să utilizeze, modifice, reproducă și să distribuie în scopuri necomerciale programele-calculator, format executabil și sursă, realizate de mine în cadrul prezentei lucrări de licență.

Absolvent **Alexandru Loghin**

Data:

Semnătura:

Cuprins

Motivație	2
Introducere	3
1 Tehnologii	4
1.1 Structura proiectului	5
1.2 Componente	6
1.2.1 MenuController	8
1.2.2 GameController	9
1.2.3 PlatformBuilder	9
1.2.4 PlatformController	9
2 Aspecte teoretice	10
2.1 Titlul secțiunii 1	10
2.2 Titlul secțiunii 2	11
2.3 Titlul secțiunii 3	11
3 Titlul celui de-al treilea capitol	12
3.1 Titlul secțiunii 1	12
3.2 Titlul secțiunii 2	13
Concluzii	14
Bibliografie	15

Motivație

Datorita pasiunii mele pentru *gamedev* și algoritmică am decis să realizez o modalitatea de a genera procedural un mediu cât mai diversificat. Folosirea modelelor Markov a venit din necesitatea de a scăpa cumva de metoda clasică prin care se generează un șir de obiecte într-un mod aleator iar apoi se încearca validarea acestuia după anumite constrângeri. Folosind acest model stocastic putem controla apariția unei anumite subsecvențe prin stabilirea unei anumite probabilități de a se produce așadar eliminând cu totul pasul de validare.

Scopul principal al proiectului a fost dezvoltarea unei librării ce ușurează procesul de generare. De asemenea a fost nevoie și de un sistem ce facilitează plasarea obiectelor în mediul 3D, modelul Markov fiind folosit doar ca și generator. Odată funcționale mi-am îndreptat atenția asupra interfeței grafice și a interacțiunii dintre jucător și joc.

Datorită motorului grafic folosit și a instrumentelor de care dispune, timpul necesar pentru crearea jocului a fost îmbunătățit substanțial. De asemenea cu prilejul acestei aplicații am avut posibilitatea de a aprofunda și testa diferite tehnici de randare și postprocesare. Câteva dintre aceste elemente includ SSR¹, lumina volumetrică, reflexii în timp real, corectare de culoare și multe altele.

Odată cu finalizarea acestei aplicații, din cauza naturii sale *open-source*, se va putea folosi librăria creată în cadrul acesteia pentru orice tip de proiect fără constrângeri, fiind ușor adaptabilă pentru orice sarcină ce necesită generare procedurală, de la muzică până la construcția unui mediu virtual, librăria fiind ușor de folosit și axată pe eficiență.

¹Screen Space Reflection

Introducere

Având în vedere necesitatea creării unor medii cât mai versatile ce respectă anumite condiții sau restricții fizice s-au dezvoltat anumite tehnici pentru a facilita construcția automată și randomizată a oricărui element ce intră în componența unui joc , de la modele tridimensionale până la coloana sonoră.

Am decis așadar să încerc o abordare nouă , folosindu-mă de un model Markov ce a fost antrenat sa respecte anumite reguli pentru a genera spațiul 3D. Scopul acestei lucrări este de a aduce o nouă perspectivă asupra generării procedurale și de a demonstra validitatea acestei abordări.

Tema lucrării s-a ivit din cauza necesității de adaptare rapidă a condițiilor folosite pentru generarea obiectelor din componența unui joc. Unul din avantajele acestei abordări este flexibilitatea oferită de modelul Markov fiind capabil sa adapteze constrângerile folosite la generare cu o simpla reantrenare a modelului.

Aplicația prezentă este construită folosind un motor grafic peste care am dezvoltat o librărie capabilă să reprezinte un model Markov și să îl antreneze. Folosindu-mă de această librărie , pot genera o secvență de obiecte ce încearcă să respecte fidel constrângerile folosite la antrenare.

Procesul de generare procedurală este compus din două etape. Generarea obiectelor și plasarea lor convenabil în spațiul virtual. Am încercat în special să decuplez cele două etape pentru o mai bună modularizare și o coeziune ridicată. Cele două sisteme lucrează independent unul față de celălalt , relația dintre cele două fiind una de agregare.

Cele două sisteme sunt puse în funcțiune pentru a genera în timp real mediul pentru jucător , mediu ce este împărțit în trei zone de interes , urbana , rurală și desertică. De asemenea pentru a adauga complexitate se alternează între trei tipuri de platforme ce simulează un drum drept , un drum cu viraj la stânga sau un drum cu viraj la dreapta.

Capitolul 1

Tehnologii

În cadrul acestui proiect s-au folosit următoarele tehnologii :

- **Unity 2019.1b** : motorul grafic folosit pentru construirea și randarea jocului.
- **Blender** : program *open source* folosit pentru modelarea 3D și construcția obiectelor ce au fost ulterior importate în motorul grafic.
- **Math.NET** : librerie *open source* folosită pentru realizarea algoritmului de învățare automată deoarece acesta se bazează foarte mult pe lucru cu matrici.
- **C#** : limbajul nativ folosit de Unity pe lângă JavaScript , decizia fiind luată pur din motive de viteză.

Din multitudinea de motoare grafice disponibile am ales **Unity** deoarece e o tehnologie cu care am mai lucrat , fiind conștient de capacitățile acestuia. Multitudinea de unelte îl fac foarte ușor de recomandat și împreună cu magazinul de *assets* m-au ajutat foarte mult în procesul de construcție al acestui proiect. De asemenea **Unity** dispune de o documentație foarte bogată și bine pusă la punct , calități cheie pentru aprofundarea acestui motor grafic.

Câteva exemple de unelte *in-house* de care dispune motorul grafic ar fi , motorul de simularea a fizicii , motorul audio , sistemul de prefabricate , sistemul de iluminare și randare etc. Fără folosirea unei tehnologii ca **Unity** , acest proiect nu ar fi fost posibil într-un timp atât de scurt , timpul de dezvoltare putând fi chiar triplat. Singurul dezavantaj imediat al acestui motor grafic este natura sa *closed source*.

Pentru modelele 3D folosite în cadrul jocului a fost necesară folosirea unei editor și anume **Blender**. Deși mare parte din obiectele importate în joc sunt preluate de pe

magazinul integrat în **Unity** , există anumite obiecte ce au fost modelate de către mine. Cu acest prilej am aprofundat anumite tehnici ce implică modelarea 3D , unul dintre cele mai importante fiind *UV unwrapping*.

Am ales **Blender** datorită politicii *open source* și a documentației vaste disponibile, fiind foarte ușor de lucrat în acesta, neputând aduce aplicația la un nivel dorit de finisaj fără această unealtă.

Din punct de vedere al librăriilor externe am folosit **Math.NET** , importată în **Unity** folosind **NuGet**. Necesitatea acestei librării este dator algoritmului de învățare automată ce se bazează foarte mult pe lucrul și manipularea matricilor, de la adunarea cu un scalar până la înmulțirea/împărțirea element cu element. Detaliile legate de acest algoritm împreună cu avantajele și dezavantajele acestuia vor fi discutate în secțiunea teoretică.

Datorită motorului grafic folosit și a limitărilor acestuia întregul proiect a fost construit folosind **C#** , alternativa sa fiind **JavaScript**. Din cauza experienței cu **C#** și a performanței ridicate am luat decizia de a folosi acest limbaj.

1.1 Structura proiectului

Aplicația creată este împărțită în două etape , generare și instanțiere. Din cauza unor motive de performanță fiecare zonă , deșertică , rurală și urbană are propriul său generator. De asemenea fiecare tip de platforma folosește propriul său model Markov însumând astfel un total de șase generatori , ce se ocupă doar cu producerea unei secvențe specifice de obiecte. Pentru partea de instanțiere am fost nevoit sa construiesc un sistem ce facilitează instanțierea obiectelor generate , plasându-le pe platformă în sensul acelor de ceasornic.

Aplicația fiind făcută în **Unity** fișierele și directoarele au o structură arborescentă după cum urmează:

```
Assets
├── Animations
├── Generators
├── HMM
├── Sound
├── Prefabs
├── Scripts
├── Textures
├── VolumetricLights
└── Packages
```

└ **PostProcessing**

Directorul de **Assets** conține toate elementele necesare aplicației , de la librăria folosită pentru generarea obiectelor până la modulele de sunet și interfață iar directorul **Packages** conține cele mai importante uneltele folosite pentru realizarea și finisajul jocului importate direct de către **Unity**.

Animations este directorul responsabil cu toate animațiile necesare jocului , meniu , tranziții și altele.

Generators aici se află cei șase generatori folosiți pentru construirea mediului.

HMM este directorul ce conține scripturile necesare pentru construirea modelului Markov și a antrenării lui.

Sound conține toate efectele de sunet și muzica din joc.

Scripts aici sunt stocate toate fișierele sursă ce modelează comportamentul jucătorului , al meniurilor și a sistemului de generare/instanțiere , sumându-se în total la optsprezece fișiere.

Textures directorul ce conține toate fișiere de tip *Albedomap* , *Heightmap* și *Occlusionmap* folosite în cadrul materialelor ce au fost ulterior importate pe obiecte.

VolumetricLights directorul ce conține fișierele preluate de pe github pentru lumina volumetrică.

PostProcessing modulul folosit de *Unity* pentru a putea integra efecte precum corectare de culoare , *bloom* , *motion blur* și multe altele.

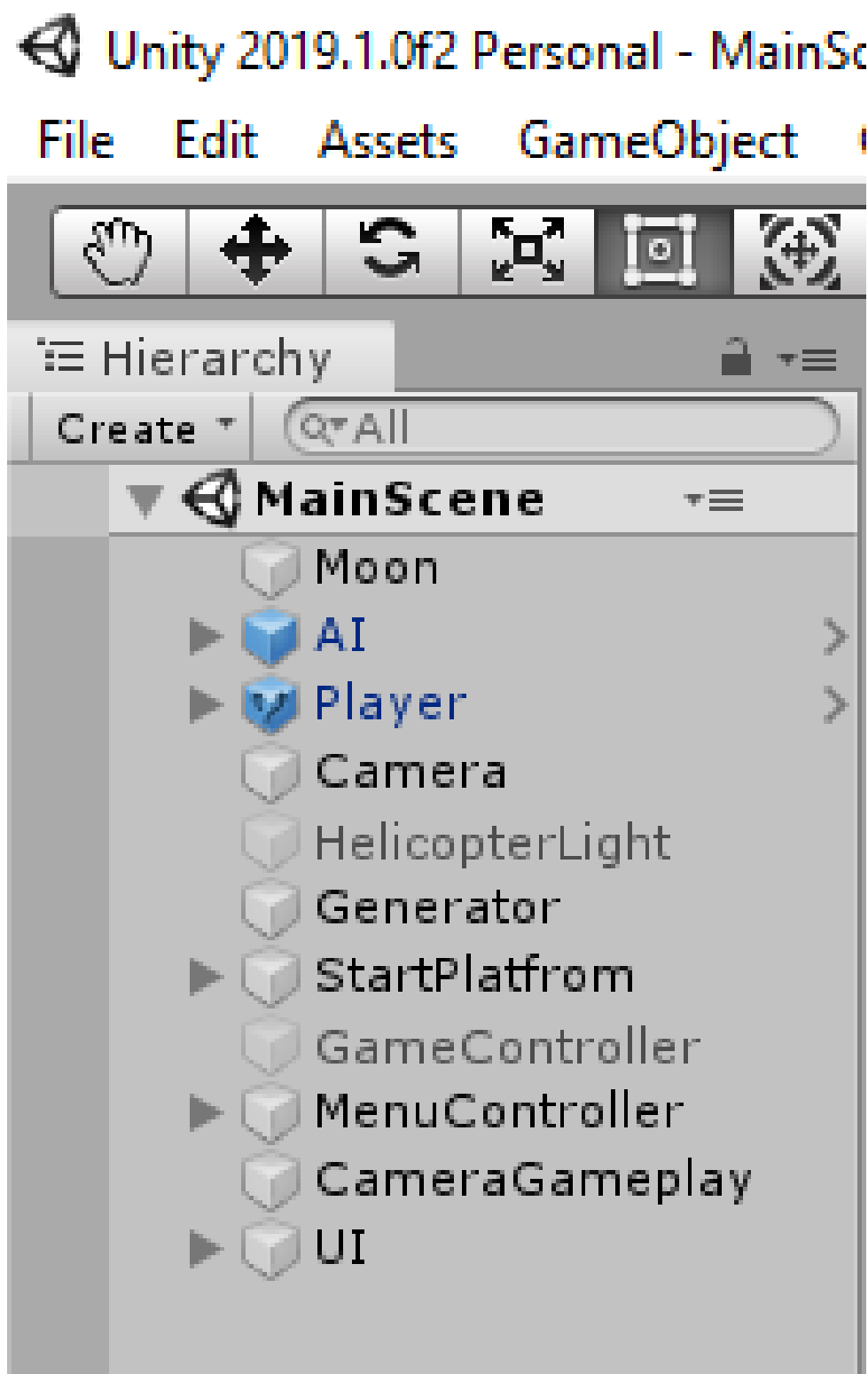
1.2 Componente

Aplicația prezentă este împărțită pe diferite module ce controlează sunetul , generarea , *UI-ul* , instanțierea și multe altele. În **Unity** acest lucru se realizează în mare parte prin scripturi atașate de obiectele din scena curentă.

Am optat să construiesc jocul în jurul unei singure scene , ceea ce necesită un număr mai mare de controale și scripturi. O consecință directă a folosirii unei singure scene este integrarea meniului principal în același mediul ca și jocul în sine. De aici derivă necesitatea de două scripturi ce controlează tranziția de la meniu la joc intitulate sugestiv *MenuController* și *GameController*.

De asemenea există un obiect *Generator* ce conține toți generatorii necesari pentru construirea scenei. Unul pentru fiecare tip de zonă de interes și tip de platformă. Legătura între cei șase generatori este făcută de cele două scripturi atașate de obiectul

Camera denumite *PlatformBuilder* și *PlatformController*. Primul se ocupă cu instanțierea și plasarea obiectelor pe platformă în funcție de parametri de instanțiere setați de un script atașat de un *Spawn Point*. Cel de-al doilea se ocupă cu randomizarea și controlarea numărului de platforme pentru fiecare zonă rurală , urbană și deșertică.



1.2.1 MenuController

Acest obiect se ocupă de toate aspectele ce țin de meniul principal. Deoarece există o singură scenă scriptul este destul de complex , rolul său fiind activarea tuturor componentelor ce țin de jocul principal , sunet , inamici , jucător , cameră , efecte și multe altele.

În continuare se vor prezenta cele mai importante secvențe de cod ce se găsesc în fișierul **MenuController**.

Listing 1.1: Caption example.

```
1 public void OnGameExit()
2 {
3     Application.Quit();
4 }
5
6 public static void OnGameReset()
7 {
8     retry = true;
9 }
10
11 public void OnCredits()
12 {
13     this.creditsStart = true;
14     this.credits.SetActive(true);
15 }
16
17 public void OnGameStart()
18 {
19     gameStart = true;
20     gameController.SetActive(true);
21     player.constraints = RigidbodyConstraints.None;
22     AI.constraints = RigidbodyConstraints.None;
23     player.velocity = Vector3.forward * 3;
24     AI.velocity = Vector3.forward;
25     bars.SetActive(true);
26 }
```

Cele patru funcții controlează tranzițiile aplicației în funcție de interacțiunea jucătorului cu meniul principal. De remarcat în funcția *OnGameStart* linia ce predă controlul aplicației odata ce se pornește jocul și anume *gameController.SetActive()*.

1.2.2 GameController

1.2.3 PlatformBuilder

1.2.4 PlatformController

Capitolul 2

Aspecte teoretice

Facilisi nullam vehicula ipsum a arcu. Purus semper eget dui at tellus at. Adipiscing tristique risus nec feugiat. Eu volutpat odio facilisis mauris sit. Porta nibh venenatis cras sed. Penatibus et magnis dis parturient. Sollicitudin aliquam ultrices sagittis orci a. Senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas integer. Cras tincidunt lobortis feugiat vivamus at augue eget arcu dictum. Leo vel fringilla est ullamcorper eget nulla facilisi etiam dignissim. Nulla aliquet enim tortor at auctor urna nunc id cursus. Elit dui tristique sollicitudin nibh. Sagittis nisl rhoncus mattis rhoncus urna neque viverra. Convallis posuere morbi leo urna molestie at. Quisque egestas diam in arcu cursus euismod.

2.1 Titlul secțiunii 1

A diam sollicitudin tempor id eu nisl. Hac habitasse platea dictumst vestibulum. Integer enim neque volutpat ac tincidunt. Facilisi nullam vehicula ipsum a arcu cursus vitae congue. Vel turpis nunc eget lorem. Vestibulum mattis ullamcorper velit sed ullamcorper morbi tincidunt ornare. Nunc sed blandit libero volutpat. Sit amet luctus venenatis lectus magna fringilla urna porttitor. Hac habitasse platea dictumst quisque sagittis purus. Sed faucibus turpis in eu mi bibendum neque egestas. Vel orci porta non pulvinar neque laoreet suspendisse interdum consectetur. Erat nam at lectus urna dui convallis convallis tellus id. Tristique sollicitudin nibh sit amet commodo nulla facilisi nullam vehicula. Etiam dignissim diam quis enim lobortis scelerisque. Nunc congue nisi vitae suscipit tellus mauris a diam maecenas. Lacus viverra vitae congue eu consequat ac felis donec. Mauris sit amet massa vitae tortor condimentum. Mauris

augue neque gravida in. Lorem ipsum dolor sit amet. Arcu dui vivamus arcu felis bibendum ut tristique et.

2.2 Titlul secțiunii 2

Sit amet mauris commodo quis imperdiet massa tincidunt nunc pulvinar. Ligula ullamcorper malesuada proin libero nunc consequat interdum. Mauris a diam maecenas sed enim ut. Ut sem nulla pharetra diam sit amet nisl suscipit adipiscing. Leo dui ut diam quam nulla. Neque ornare aenean euismod elementum. Vitae sapien pellentesque habitant morbi tristique senectus. Lectus magna fringilla urna porttitor rhoncus dolor purus non enim. Egestas sed sed risus pretium quam vulputate dignissim suspendisse in. At quis risus sed vulputate odio ut enim. Hac habitasse platea dictumst quisque sagittis. Lectus vestibulum mattis ullamcorper velit sed. Massa vitae tortor condimentum lacinia quis vel eros donec ac. Vulputate dignissim suspendisse in est ante. Sed faucibus turpis in eu mi bibendum neque. Enim eu turpis egestas pretium aenean pharetra magna. Tellus mauris a diam maecenas.

2.3 Titlul secțiunii 3

Faucibus ornare suspendisse sed nisi lacus sed. Mi in nulla posuere sollicitudin aliquam ultrices. Lacus suspendisse faucibus interdum posuere lorem ipsum dolor sit amet. Odio tempor orci dapibus ultrices in iaculis nunc sed augue. Congue eu consequat ac felis donec et odio. Enim ut sem viverra aliquet eget sit amet. Sit amet consectetur adipiscing elit dui tristique sollicitudin. Quis blandit turpis cursus in. Cras fermentum odio eu feugiat pretium nibh ipsum consequat nisl. Non curabitur gravida arcu ac tortor dignissim convallis aenean. Porta non pulvinar neque laoreet suspendisse interdum consectetur libero id. Lacus viverra vitae congue eu consequat ac felis. Vulputate dignissim suspendisse in est ante in nibh mauris. Amet mauris commodo quis imperdiet massa. Varius sit amet mattis vulputate enim nulla aliquet. Pellentesque diam volutpat commodo sed egestas egestas. Amet est placerat in egestas erat imperdiet sed euismod. Scelerisque varius morbi enim nunc faucibus a pellentesque sit. Ut sem viverra aliquet eget sit amet tellus cras. Sem integer vitae justo eget magna fermentum iaculis eu.

Capitolul 3

Titlul celui de-al treilea capitol

Amet venenatis urna cursus eget. Quam vulputate dignissim suspendisse in est ante. Proin nibh nisl condimentum id. Egestas maecenas pharetra convallis posuere morbi. Risus viverra adipiscing at in. Vulputate eu scelerisque felis imperdiet. Cras adipiscing enim eu turpis egestas pretium aenean pharetra. In aliquam sem fringilla ut morbi tincidunt augue. Montes nascetur ridiculus mus mauris. Viverra accumsan in nisl nisi scelerisque eu ultrices vitae. In nibh mauris cursus mattis molestie a iaculis. Interdum consectetur libero id faucibus nisl tincidunt eget. Gravida in fermentum et sollicitudin ac orci. Suspendisse bibendum est ultricies. Etiam non quam lacus suspendisse. Leo urna molestie at elementum eu facilisis sed odio morbi. Egestas congue quisque egestas diam in arcu cursus. Amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus.

3.1 Titlul secțiunii 1

Eros donec ac odio tempor. Facilisi morbi tempus iaculis urna id volutpat. Faucibus in ornare quam viverra orci sagittis eu. Amet tellus cras adipiscing enim eu turpis egestas. Integer feugiat scelerisque varius morbi. Platea dictumst vestibulum rhoncus est pellentesque elit ullamcorper dignissim. Bibendum arcu vitae elementum curabitur. Eu nisl nunc mi ipsum faucibus. Id aliquet lectus proin nibh nisl condimentum id venenatis a. Cras adipiscing enim eu turpis egestas pretium. Quisque non tellus orci ac auctor augue mauris augue. Malesuada pellentesque elit eget gravida cum. Ut lectus arcu bibendum at. Massa id neque aliquam vestibulum morbi blandit. Posuere ac ut consequat semper viverra nam. Viverra adipiscing at in tellus integer feugiat

scelerisque varius morbi. Morbi enim nunc faucibus a pellentesque sit amet porttitor eget. Eu feugiat pretium nibh ipsum consequat nisl vel. Nisl purus in mollis nunc sed.

3.2 Titlul secțiunii 2

Elementum sagittis vitae et leo duis ut diam quam nulla. Purus sit amet volutpat consequat mauris nunc. Tincidunt augue interdum velit euismod in pellentesque massa. Nunc sed augue lacus viverra vitae congue. Porttitor leo a diam sollicitudin. Faucibus pulvinar elementum integer enim. Adipiscing bibendum est ultricies integer quis auctor elit. Blandit aliquam etiam erat velit scelerisque in. A iaculis at erat pellentesque adipiscing commodo elit at. Erat nam at lectus urna duis. Consequat ac felis donec et. Fermentum posuere urna nec tincidunt praesent semper feugiat nibh sed. Proin gravida hendrerit lectus a. Pretium viverra suspendisse potenti nullam ac tortor vitae purus. Arcu cursus euismod quis viverra nibh cras pulvinar mattis. Gravida arcu ac tortor dignissim convallis aenean. Quam nulla porttitor massa id neque aliquam vestibulum morbi. Sed viverra ipsum nunc aliquet. Quis enim lobortis scelerisque fermentum dui faucibus in.

Concluzii

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Nunc mattis enim ut tellus elementum sagittis vitae et. Placerat in egestas erat imperdiet sed euismod. Urna id volutpat lacus laoreet non curabitur gravida. Blandit turpis cursus in hac habitasse platea. Eget nunc lobortis mattis aliquam faucibus. Est pellentesque elit ullamcorper dignissim cras tincidunt lobortis feugiat. Viverra maecenas accumsan lacus vel facilisis volutpat est. Non odio euismod lacinia at quis risus sed vulputate odio. Consequat ac felis donec et odio pellentesque diam volutpat commodo. Etiam sit amet nisl purus in. Tortor condimentum lacinia quis vel eros donec. Phasellus egestas tellus rutrum tellus pellentesque eu tincidunt. Aliquam id diam maecenas ultricies mi eget mauris pharetra. Enim eu turpis egestas pretium.

Bibliografie

- Author1, *Book1*, 2018
- Author2, *Boook2*, 2017