



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Universitat Politècnica de Catalunya

FACULTAT D'INFORMÀTICA DE BARCELONA

Práctica 3

Cellular Automaton

OPTIMITZACIÓ

Pol Margarit Fisas y Miquel Roperó Serrano

43571073B, 23843881B

Abril 2024

Índice

1. Primera Sessió	2
1.1. Objectiu i Assumpcions	2
1.2. Implementació d'un autòmat cel·lular elemental que segueix les regles de Wolfram . .	2
1.3. Funció de combinació	3
1.4. Tractament de les fronteres	3
1.5. Conclusions	4
2. Segona Sessió	5
2.1. Objectiu i Assumpcions	5
2.2. Model SDL	6
2.3. Variables	7
2.3.1. Estat	7
2.3.2. Vegetació	7
2.3.3. Humitat	7
2.4. Combinació de variables	8
2.5. Tractament dels límits	8
2.6. Conclusions	9
3. Ús de la IA	10

1. Primera Sessió

1.1. Objectiu i Assumpcions

L'objectiu del projecte és implementar un autòmat cel·lular que segueix les regles de Wolfram, especialment les regles elementals d'autòmats cel·lulars unidimensionals. Aquests autòmats tenen dos possibles valors per a cada cel·la (0 o 1) i les seves regles es basen únicament en els valors dels veïns més propers. L'evolució d'aquest autòmat es descriu mitjançant una taula que especifica l'estat que tindrà una cel·la en la següent generació basant-se en els valors de les cel·les veïnes. Cada regla es pot identificar amb un nombre binari de 8 bits. A més, també generem una estructura multicapa combinant dues regles, que ens permet explorar la complexitat emergent d'aquests sistemes cel·lulars.

Les assumpcions extretes són:

1. Es considera que les regles de Wolfram es basen en autòmats cel·lulars unidimensionals amb dos possibles valors per a cada cel·la (0 o 1).
2. Les regles es basen únicament en els valors dels veïns més propers de cada cel·la.
3. L'evolució de l'autòmat cel·lular es descriu mitjançant una taula que especifica l'estat que tindrà una cel·la en la següent generació basant-se en els valors dels veïns.
4. S'assumeix que l'índex de les cel·les comença a zero i s'utilitza una aritmètica modular per tractar els límits circulars de la fila de cel·les.

1.2. Implementació d'un autòmat cel·lular elemental que segueix les regles de Wolfram

En primer lloc, hem de seleccionar una regla específica de Wolfram que volem explorar. Aquesta regla, representada per un número entre 0 i 255, defineix com cada cel·la de l'autòmat cel·lular evoluciona segons l'estat dels seus veïns. A continuació, necessitem proporcionar un estat inicial per a les cel·les, especificant quines estan actives (1) i quines estan inactives (0). Finalment, decidim quantes generacions volem observar.

Un cop configurats aquests paràmetres, invoquem la funció `wolfram_rule` per a obtenir una seqüència de generacions successives de l'autòmat cel·lular. En cada generació, la funció aplica la regla de Wolfram a cada cel·la, actualitzant-ne l'estat en funció dels seus veïns. Això ens permet seguir l'evolució temporal de l'autòmat cel·lular i observar com els patrons emergeixen i es desenvolupen al llarg del temps.

1.3. Funció de combinació

Per combinar dues regles de Wolfram i obtenir una nova fila en l'autòmat cel·lular multicapa, seguim aquests passos:

1. Obtenció dels Estats de les Cel·les Veïnes: Per a cada cel·la de la fila actual, obtenim els estats de les seves cel·les veïnes de la generació anterior (fila anterior). Això inclou la cel·la a l'esquerra, la mateixa cel·la i la cel·la a la dreta.

2. Aplicació de les Regles de Wolfram: Per a cada cel·la de la fila actual, apliquem les dues regles de Wolfram. Això significa que, per a cada regla, utilitzem els estats de les cel·les veïnes per determinar l'estat de la cel·la actual en la següent generació. És a dir, apliquem les funcions específiques de les regles a cada conjunt de tres cel·les veïnes per obtenir l'estat de la cel·la actual.

3. Combinació dels Resultats: Un cop hem aplicat les dues regles a cada cel·la de la fila actual, combinem els resultats per obtenir la nova fila. Aquesta combinació és feta mitjançant una operació lògica OR bit a bit. Això significa que si qualsevol de les cel·les té un valor diferent de zero (és activa), la cel·la combinada també serà activa (tindrà el valor 1).

4. Generació de la Nova Fila: La nova fila és ara la combinació dels resultats obtinguts de les dues regles aplicades a cada cel·la de la fila anterior. Aquesta nova fila es converteix en la fila actual i el procés es repeteix per a cada generació successiva.

Mitjançant aquest procés, podem combinar les regles de Wolfram i obtenir una nova fila que descriu l'estat de l'autòmat cel·lular multicapa en la següent generació.

1.4. Tractament de les fronteres

En la funció `wolfram_rule`, els límits de la fila de cel·les es tracten mitjançant l'expressió `(i + 1) % len(state)`. Aquesta aritmètica modular assegura que, quan s'accedeix a la cel·la a la dreta, si l'índex supera la longitud total de la fila, es torni al principi de la fila. Si s'accedeix a l'inici de la fila, retorna l'índex de la última cel·la de la fila com a veí de l'esquerra, permetent que es consideri correctament el veí situat a l'esquerra de la primera cel·la quan es troba a l'inici de la fila. Això garanteix que es puguin calcular els veïns de manera circular, fins i tot quan es troben al final de la fila.

La funció que calcula la combinació de les dues regles també tracta els límits de la fila de cel·les de manera que pugui accedir als veïns de manera circular i correcta. Quan la funció `apply_wolfram_rule` es troba al principi o al final de la fila de cel·les, s'assegura que els índexos per accedir als veïns es calculin correctament. Aquesta funció utilitza l'aritmètica modular per assegurar-se que els veïns es calculin de forma circular. Per exemple, quan es troba al principi de la fila, l'índex de la cel·la es calcula com `(i-1) % width` i `(i+1) % width`, assegurant que pugui accedir als veïns de manera correcta independentment de la posició dins de la fila. Això permet que l'autòmat cel·lular funcioni de manera coherent sense importar la posició de les cel·les dins de la fila.

1.5. Conclusions

En resum, l'experiment amb autòmats cel·lulars basats en les regles de Wolfram ens ofereix una eina poderosa per explorar la dinàmica dels sistemes complexos. A través de la funció `wolfram_rule`, podem observar com les regles simples poden donar lloc a patrons sorprenents i comportaments emergents. Aquesta investigació ens proporciona una visió fascinant de la naturalesa de la complexitat, mostrant com petites regles locals poden generar patrons globals complexos.

2. Segona Sessió

2.1. Objectiu i Assumpcions

L'objectiu d'aquesta simulació és modelar la propagació d'un incendi forestal en un entorn bidimensional utilitzant un autòmat cel·lular. A través d'aquesta simulació, busquem comprendre com la combinació de factors com la vegetació, la humitat i l'estat de les cel·les influeix en la dinàmica de l'incendi.

Les assumpcions que fem en aquesta simulació inclouen:

1. **Homogeneïtat de l'entorn:** Considerem que l'entorn és uniforme i homogeni, amb les mateixes condicions en totes les àrees.
2. **Interacció local:** Les interaccions entre cel·les es produeixen només amb les cel·les veïnes, segons la disposició de la matriu bidimensional.
3. **Simplificació de la vegetació:** La variable "vegetació" representa la densitat i la composició del bosc, sense tenir en compte altres factors com la tipologia exacta de les plantes o arbres.
4. **Limitacions temporals:** La simulació no considera canvis temporals significatius en les condicions, com ara canvis climàtics o variacions en la topografia.

Mitjançant aquestes assumpcions, busquem proporcionar una aproximació efectiva a la dinàmica de l'incendi forestal, permetent-nos explorar el comportament dels autòmats cel·lulars en la propagació d'incendis en un entorn bidimensional.

2.2. Model SDL

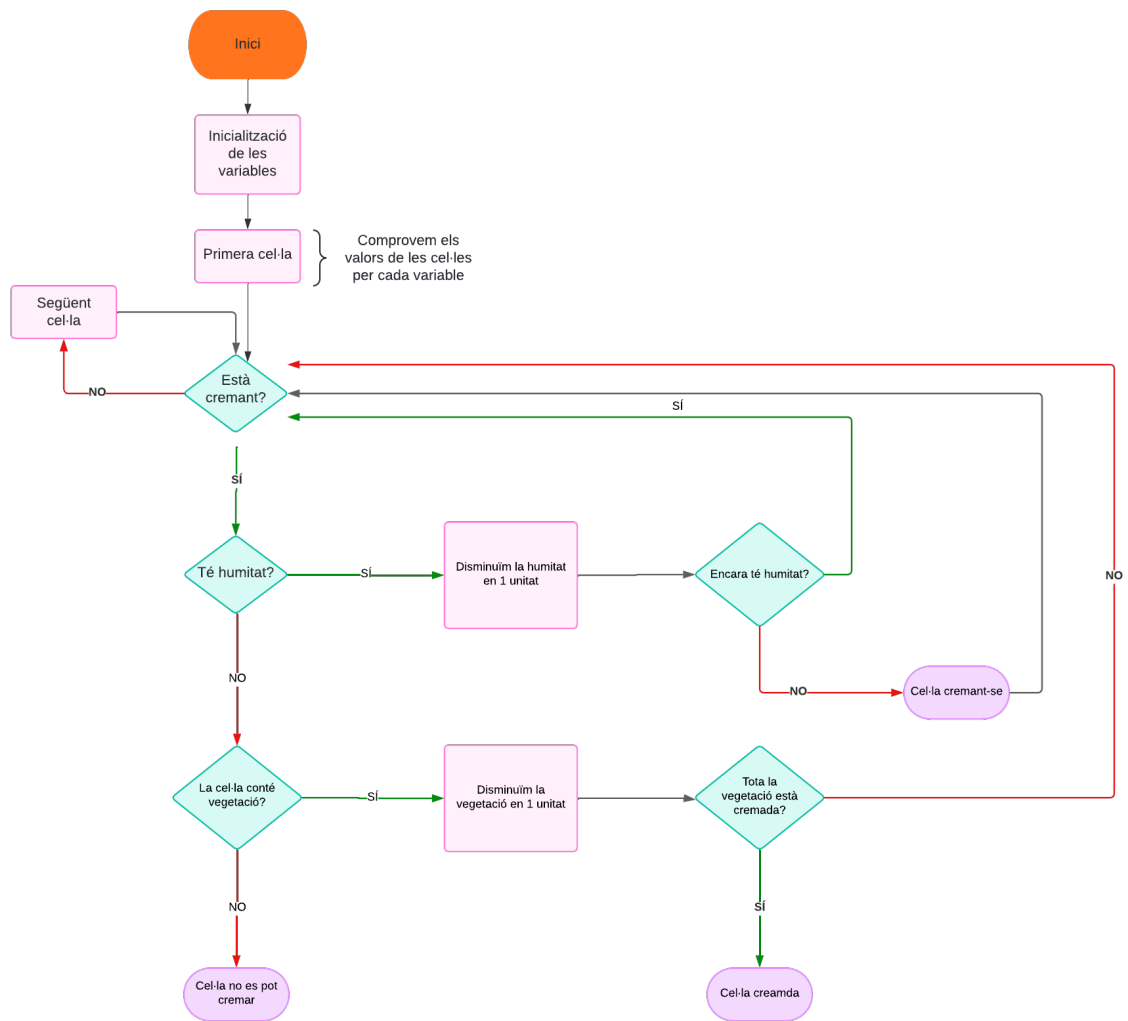


Figura 1: Diagrama de fluxos

2.3. Variables

Quan simulem la propagació d'un incendi forestal, hem de tenir en compte diverses variables que influeixen en com es comporta i es propaga l'incendi. Les variables principals que nosaltres utilitzem en la simulació són l'estat, la vegetació i la humitat.

2.3.1. Estat

En primer lloc, l'estat ens indica la condició actual de cada part de la zona que estem estudiant. Això pot ser «no cremat» (0), «cremat parcialment» (1) o «totalment cremat» (2). Aquesta informació és crucial per entendre com es propaga l'incendi i quines àrees ja han estat afectades. Un estat de «no cremat» (0) indica que l'àrea no ha estat afectada per l'incendi, mentre que un estat de «cremat parcialment» (1) indica que l'incendi ha començat a afectar l'àrea, però no ha consumit tota la vegetació o el material combustible. D'altra banda, un estat de «totalment cremat» (2) indica que l'incendi ha passat completament per l'àrea i ha consumit tota la vegetació i el material combustible present.

2.3.2. Vegetació

La vegetació representa el nombre d'hores que triga a cremar-se una cel·la (per exemple, 10 indicaria 10 hores)

La vegetació en una regió determinada juga un paper crític en la dinàmica de la propagació de l'incendi. Aquesta variable descriu la densitat i la composició dels elements vegetals en l'àrea simulada, que representa un entorn forestal. Aquesta vegetació pot comprendre arbres, arbustos i altres plantes, i la seva densitat i distribució influeixen en la propagació de l'incendi.

En el nostre plantejament de la simulació, una vegetació més densa i abundant és més difícil de cremar i pot retardar la propagació de l'incendi. Això es deu al fet que la vegetació actua com a barrera física i reté la humitat, cosa que fa més difícil que l'incendi es propagui ràpidament.

2.3.3. Humitat

La humitat representa el nombre d'hores durant les quals la cel·la no es cremaria (començant a emetre foc).

És una altra variable clau en la simulació de l'incendi forestal. Aquesta variable reflecteix la quantitat d'aigua present en l'entorn i en la vegetació. La humitat elevada pot retardar la propagació de l'incendi ja que fa més difícil que els materials vegetals es cremi, mentre que la baixa humitat augmenta el risc d'incendi.

Els valors de humitat van des de 0 fins a 5, on els valors més alts indiquen una alta humitat. Això significa que un valor de 0 correspon a una humitat extremadament baixa, mentre que un valor de 5 representa una humitat molt elevada.

2.4. Combinació de variables

En la funció `actualitzar_bosc`, es realitza un recorregut per cada cel·la de la matriu, on es verifiquen diverses condicions per simular la propagació de l'incendi. Primerament, s'avalua si una cel·la està en estat de cremar-se, cosa que s'identifica quan l'estat és igual a 1.

Un cop es detecta una cel·la en aquest estat, es comprova l'estat de la humitat de les cel·les veïnes i la quantitat de vegetació present. Si la humitat és suficient (igual o superior a 0) i encara hi ha vegetació a la cel·la veïna, la humitat es redueix i l'incendi es manté.

Si la humitat s'ha esgotat (igual a -1) i encara hi ha vegetació a la cel·la veïna, es redueix la quantitat de vegetació i l'incendi continua la seva propagació.

Finalment, quan ja no queda vegetació en una cel·la, s'estableix que la cel·la ha estat cremada totalment, i se li assigna un estat igual a 2.

D'aquesta manera, mitjançant aquesta combinació de variables (bosc, humitat i estats), es simula la propagació de l'incendi considerant factors com la densitat de la vegetació, la disponibilitat d'humitat i l'estat de cada cel·la en la simulació. Això proporciona una representació dinàmica i realista del comportament de l'incendi en l'entorn forestal simulat.

2.5. Tractament dels límits

Amb la implementació del tractament dels límits, la funció `actualitzar_bosc` assegura que les cel·les de la matriu no superin els límits establerts, evitant així errors relacionats amb la interacció amb cel·les inexistents.

En aquesta nova implementació, s'assegura que les cel·les de la matriu no superin els límits establerts, garantint així la consistència de la simulació. La funció realitza els següents passos:

1. Es recorre cada cel·la de la matriu, i per a cada cel·la que està cremant-se (indicat per l'estat igual a 1), s'examinen els seus veïns.
2. Es revisa que els índexs dels veïns calculats no superin els límits de la matriu, assegurant-se que les interaccions es realitzin únicament amb cel·les existents.
3. Si un veí té humitat suficient (igual o superior a 0) i encara conté vegetació, la humitat es redueix i l'incendi continua.
4. Si el veí ha exhaurit la seva humitat (igual a -1) i encara conté vegetació, es redueix la quantitat de vegetació i l'incendi continua propagant-se.
5. Quan ja no queda vegetació en un veí, s'indica que la cel·la ha estat cremada totalment (estat igual a 2).

Aquesta implementació assegura que la simulació de la propagació de l'incendi es faci de manera precisa i coherent, tenint en compte els límits de l'entorn bidimensional. Així, s'eviten errors relacionats amb la interacció amb cel·les inexistents i es garanteix la fiabilitat del model en tot moment.

2.6. Conclusions

En conclusió, l'ús d'un autòmat cel·lular per simular la propagació de l'incendi forestal en un entorn bidimensional ens ofereix una eina valuosa per comprendre la dinàmica d'aquest fenomen natural complex. A través de la funció `actualitzar_bosc` i la implementació de tractaments especials per als límits de l'entorn, hem pogut observar com els factors com la vegetació, la humitat i l'estat de les cel·les interaccionen per influir en la propagació de l'incendi.

Aquesta investigació ens ha proporcionat una visió més completa de com les petites interaccions locals poden donar lloc a patrons globals i comportaments emergents en un sistema tan complex com és la propagació de l'incendi forestal.

3. Ús de la IA

L'ajuda de ChatGPT ha estat clau en la generació del codi per a l'autòmat cel·lular de Wolfram. Gràcies a les seves suggerències i optimitzacions, hem pogut accelerar el desenvolupament i millorar la eficiència del codi. Tot i això, reconeixem que, tot i l'ajuda de l'IA, el paper de la supervisió i comprensió humana és fonamental per al desenvolupament de la pràctica.