

11 de noviembre de 2015.
CBI.S.368/15.

DR. LUIS ENRIQUE NOREÑA FRANCO
PRESIDENTE DEL CONSEJO DIVISIONAL DE CBI
P R E S E N T E

Por medio de la presente, solicitamos a usted de la manera más atenta, incorporar en el Orden del día del próximo Consejo Divisional un punto correspondiente a la contratación del Dr. Mario Molina Martínez como profesor visitante para el periodo comprendido del 4 de enero de 2016 al 3 de enero de 2017.

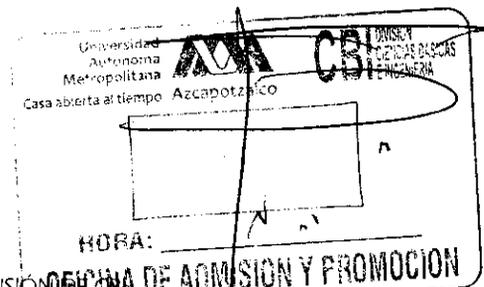
El recurso a utilizar es la plaza 3270.

Sin otro particular y agradeciendo de antemano la atención que se sirva dar a la presente, quedamos de usted.

Atentamente
"CASA ABIERTA AL TIEMPO"


Dr. Jesús Isidro González Trejo
Jefe del Departamento de Sistemas

Mtra. Lourdes Sánchez Guerrero
Jefa del Área de Sistemas Computacionales



c.c.p. DRA. LOURDES DELGADO NÚÑEZ, SECRETARIA ACADÉMICA DE LA DIVISIONAL DE CBI
DR. ARTURO AGUILAR VÁZQUEZ, JEFE DEL ÁREA DE ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES
MTRO. JORGE HANEL DEL VALLE, JEFE DEL ÁREA DE INNOVACIÓN DE SISTEMAS
DR. ANTONIN SEBASTIÉN PONSICH, JEFE DEL ÁREA DE OPTIMIZACIÓN COMBINATORIA
MTRA. LOURDES SÁNCHEZ GUERRERO, JEFA DEL ÁREA DE SISTEMAS COMPUTACIONALES
DRA. MARICELA BRAVD CDNTRERAS, JEFA DEL ÁREA DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN INTELIGENTES

11 de noviembre de 2015

Dr. Jesús González Trejo
Jefe del Departamento de Sistemas
Presente

Por medio de la presente me permito poner a su consideración el curriculum del Dr. Mario Martínez Molina, para desempeñarse como profesor visitante en el Área de Sistemas Computacionales esto a solicitud de los miembros del Área de Sistemas Computacionales.

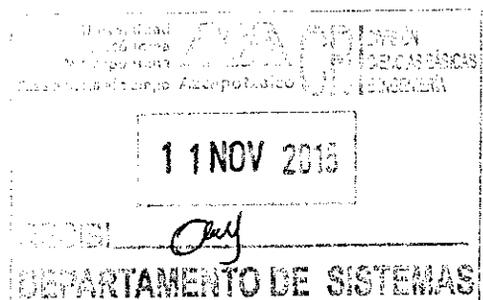
De acuerdo a su curriculum el Dr. Martínez Molina ha realizado en los últimos años trabajos de investigación y publicaciones en revistas indexadas relacionadas con las áreas de investigación de autómatas celulares y gráficas por computadora. Por lo anterior los miembros del Área de Sistemas Computacionales consideran que el Dr. Martínez apoyará a fortalecer los proyectos de investigación actuales.

Adjunto al presente correo le envío el curriculum del Dr. Mario Martínez Molina firmado por los miembros del Área de Sistemas Computacionales.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE

[Handwritten signature]
0
M.C. Lourdes Sánchez Guerrero
Jefa del Área de Sistemas Computacionales



PROPUESTA PARA LA CONTRATACIÓN DE PERSONAL ACADÉMICO VISITANTE

FECHA	DÍA	MES	AÑO
-------	-----	-----	-----

CONFORME A LO PREVISTO EN EL REGLAMENTO DE INGRESO, PROMOCIÓN Y PERMANENCIA DEL PERSONAL ACADÉMICO, SE PROPONE LA CONTRATACIÓN DE PERSONAL ACADÉMICO VISITANTE, PARA OCUPAR CON CARÁCTER TEMPORAL LA SIGUIENTE PLAZA:

TIEMPO DE DEDICACIÓN COMPLETO	NO. DE HORAS (SOLO TIEMPO PARCIAL)	DE OTRAS ACTIVIDADES
UNIDAD AZCAPOTZALCO	DE CLASE:	ACADÉMICAS:
DEPARTAMENTO SISTEMAS	DIVISIÓN CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA	
	HORARIO 11:00 - 19:00	
DURACIÓN DE LA LA CONTRATACIÓN	FECHA DE INICIO DE LABORES	FECHA DE TÉRMINO DE LABORES
	DÍA MES AÑO 04 01 2016	DÍA MES AÑO 03 01 2017

ACTIVIDADES A REALIZAR

LOS PROFESORES TITULARES DEBERÁN, ADEMÁS DE PODER REALIZAR LAS FUNCIONES DE LOS ASISTENTES Y ASOCIADOS, PLANEAR, DEFINIR, ADECUAR, DIRIGIR, COORDINAR Y EVALUAR PROGRAMAS ACADÉMICOS RESPONSABILIZÁNDOSE DIRECTAMENTE DE LOS MISMOS. REALIZAR LAS ACTIVIDADES DE DOCENCIA, INVESTIGACIÓN, DIFUSIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA CULTURA ESTABLECIDAS EN EL ARTÍCULO 7-4 DEL RIPPPA Y DEMÁS NORMAS APLICABLES.

IMPARTIR UEA AFINES A SU DISCIPLINA, TALES COMO: PROGRAMACIÓN ESTRUCTURADA, MÉTODOS NUMÉRICOS EN INGENIERÍA, ALMACENAMIENTO Y ESTRUCTURAS DE ARCHIVOS, ALGORITMOS Y ESTRUCTURAS DE DATOS, BASES DE DATOS, PROGRAMACIÓN VISUAL ORIENTADA A EVENTOS, PROGRAMACIÓN DE SISTEMAS, GRÁFICAS POR COMPUTADORA, COMPILADORES, ENTRE OTRAS, Y LAS QUE RESULTEN DE LAS MODIFICACIONES A LOS PLANES Y PROGRAMAS DE ESTUDIO EN LOS NIVELES DE LICENCIATURA Y POSGRADO DE LA DIVISIÓN.

COLABORAR EN LOS PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN DEL ÁREA DE SISTEMAS COMPUTACIONALES APROBADOS POR EL CONSEJO DIVISIONAL.

LA PLAZA HABRÁ DE SER OCUPADA POR:

APELLIDO PATERNO MARTÍNEZ	APELLIDO MATERNO MDLINA	NOMBRE (S) MARIO	CURP MAMM840119HDFRLR01
NACIONALIDAD MEXICANA	R.F.C.	FECHA DE	DÍA MES AÑO EDAD SEXO
ESTADO (
CALLE:			
SECTOR			
COLONIA, INFONAVI			
DELEGAC CUATITL			TAL

DOCUMENTOS QUE SE ANEXAN:	CURRÍCULUM VITAE <input checked="" type="checkbox"/>	R.F.C. <input type="checkbox"/>	CURP <input checked="" type="checkbox"/>
	ACTA DE NACIMIENTO O CARTA DE NATURALIZACIÓN <input checked="" type="checkbox"/>	FORMA MIGRATORIA (FM) <input type="checkbox"/>	PASAPORTE <input type="checkbox"/>
			DTOS ESPECIFIQUE <input type="checkbox"/>

Para uso exclusivo de la Comisión Dictaminadora

Aprobada en la Sesión No. _____

del Consejo Divisional de fecha DÍA MES AÑO

Categoría: Titular Nivel: A Puntaje: 35,540

FECHA: DÍA 17 MES Noviembre AÑO 2015

PRESIDENTE DEL CONSEJO DIVISIONAL

Dr. Luis E. Noreña Franco

NOMBRE Y FIRMA

PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DICTAMINADORA

Dr. César Augusto Real Ramírez

NOMBRE Y FIRMA

SECRETARIO DE LA COMISIÓN DICTAMINADORA

Dr. Eusebio Guzmán Serrano

NOMBRE Y FIRMA

T1 RECTORÍA GENERAL - DIPPPA
 T2 COMISIÓN DICTAMINADORA DIVISIONAL
 T3 JEFE DE DEPARTAMENTO

T4 RECTORÍA DE UNIDAD
 T5 DIRECTOR DE DIVISIÓN
 T6 CONSEJO DIVISIONAL

Análisis del comportamiento cooperativo a través de teoría de juegos e inteligencia de enjambre en un modelo ecológico de lattice.

Mario Martínez Molina

Propuesta de investigación

Fecha: 22 de julio de 2015

Resumen

Se propone un análisis comparativo del comportamiento social hallado en un modelo de lattice presa-predador. Las interacciones que causan dicho comportamiento serán modeladas utilizando una aproximación híbrida que considera una estrategia basada en la teoría de juegos incrustada en un algoritmo de inteligencia de enjambre (PSO por sus siglas en inglés). Trabajos previos que tratan con modelos de lattice a menudo se enfocan solamente en los efectos negativos de la agregación de individuos, e.g, un incremento en la mortalidad debido a la competencia intraespecífica. Sin embargo, existen evidencia en ecosistemas naturales donde la cooperación es capaz de superar los efectos negativos de la competencia, i.e., un individuo tiene mejores oportunidades de supervivencia cuando pertenece a una comunidad que cuando permanece aislado.

1. Introducción

El estudio del comportamiento cooperativo ha sido un importante tema de investigación en áreas tan diversas como: las ciencias de la computación, la economía, la biología, y diversas disciplinas sociales. Un avance importante en el estudio de la cooperación fue el trabajo de Robert Axelrod *The evolution of cooperation* [1], dicho trabajo analiza los resultados de diversos escenarios para el juego conocido como el “dilema del prisionero”. El juego plantea lo siguiente: usted y un compañero criminal han sido atrapados y sentenciados a un año de prisión. Sin embargo, el fiscal le ofrece a usted un trato: si usted culpa a su compañero, entonces su sentencia sería reducida a seis meses, al mismo tiempo la sentencia de su compañero se incrementaría en cinco años, por supuesto, la idea es tentadora. Sin embargo, usted se entera que el fiscal ha ofrecido un trato idéntico a su compañero (lo que incrementaría la sentencia de usted en cinco años). La mejor estrategia para ambos es cooperar, i.e., servir cada uno su sentencia de un año (trabajos recientes sin embargo, ponen en duda dicha perspectiva [2] [3]). Si ambos se traicionan, cada uno tendría una sentencia de cuatro años y medio. Si uno coopera y el otro deserta, entonces solo uno tendría una reducción de sentencia.

El escenario anterior se encuentra en el corazón de interacciones similares en diversas áreas de la ciencia. Como ejemplo veamos lo que sucede en los sistemas ecológicos. Por al menos una fracción de su vida, todo organismo debe interactuar con otros miembros de su propia o diferente especie. Por lo tanto, la cooperación siempre se opone con otro fenómeno ecológico: la competencia. Este fenómeno se define como una interacción entre individuos, consecuencia de una necesidad compartida por uno o más recursos, esto lleva a una reducción en la supervivencia, crecimiento, o reproducción de al menos uno de los organismos en competencia [4]. A pesar de la enorme evidencia en favor de ambos fenómenos, es común que cuando se desarrolla un modelo de lattice presa-predador, solo se considere los efectos negativos de la agregación de individuos. Por supuesto, esto no significa que no existan trabajos que tratan sobre el comportamiento cooperativo (ver [5] y [6]), solo significa que cuando la cooperación no es el objeto de estudio, sus efectos son a menudo ignorados.

El objetivo primario de la presente propuesta de investigación es analizar los efectos que la cooperación tienen en la dinámica a largo plazo de un modelo de lattice presa-predador. En trabajos anteriores (ver [7] y [8]), mostramos que el comportamiento cooperativo ofrece una ventaja que se sobrepone a los efectos negativos de la competencia. En este trabajo, se utilizó un algoritmo de inteligencia de enjambre (PSO) como medio para modelar la cooperación entre los miembros de una especie predatora. PSO fue seleccionado debido a que esta fundamentado en el comportamiento social de varias comunidades animales tales como: enjambres de insectos, parvadas, o cardúmenes de peces. Mi objetivo es extender este trabajo al adaptar nuevas estrategias basadas en la teoría de juegos directamente en el mecanismo por el cual PSO describe la cooperación.

2. Descripción y motivación de la investigación

Los modelos ecológicos de lattice se han convertido en una poderosa herramienta capaz de describir las complejas interacciones halladas en ecosistemas teóricos y naturales. A pesar de ser una sobresimplificación de un proceso natural, su estudio ha mostrado que un modelo con un comportamiento dinámico complejo puede ser construido a partir de la descripción explícita de las interacciones entre los individuos que componen un ecosistema. Un primer paso es definir las reglas de evolución a partir de hipótesis razonables acerca del sistema en estudio. Si dichas hipótesis son correctas, se espera que

los resultados obtenidos del modelo ayuden a entender el comportamiento del sistema bajo estudio, o incluso puedan predecir algunas de sus propiedades estadísticas.

Mi tesis de doctorado se enfocó en los efectos de la cooperación en la dinámica espacial y temporal de un modelo de lattice (Resultados publicados pueden consultarse en [7] y [8]). Además de describir procesos como la reproducción, la depredación y la muerte de predadores, el modelo también describe las interacciones sociales entre los miembros de la especie predatora. Dichas interacciones ayudan a un predador a determinar la mejor dirección de movimiento para obtener recursos para su supervivencia y procreación. La cooperación entre predadores se manifiesta en forma de un interesante patrón espacial: los predadores se agrupan en enjambres que permanecen cohesionados conforme se mueven a través de la lattice cazando presas. Simulaciones por computadora del modelo, que consideran como condiciones iniciales una lattice completamente cubierta por presas excepto por un solo sitio de la lattice que contiene un predador (ver Figura 1), muestran un frente de onda compuesto por predadores que se expande a partir de la ubicación del individuo original. Ya que el frente de onda no es homogéneo, i.e., existen huecos en el perímetro del frente, algunas presas pueden sobrevivir a la invasión original, estas zonas a su vez serán atacadas por los enjambres que existen detrás del frente. El resultado es una división entre una configuración donde hay solo presas y un estado de coexistencia.

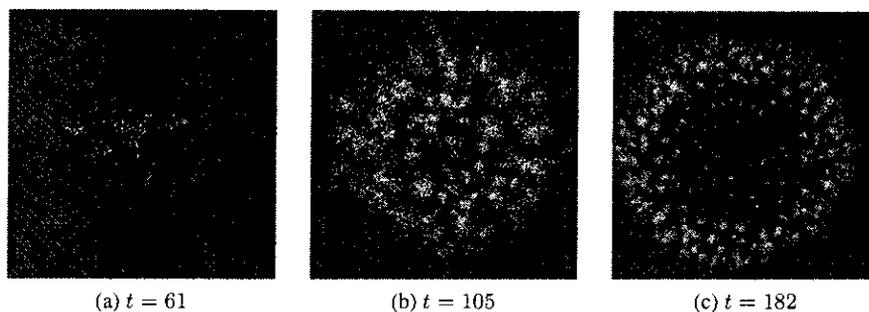


Figura 1: Enjambres de predadores moviéndose a través de la lattice. Las presas se muestran en color verde, los predadores en rojo, y las presas invadidas por un predador en amarillo.

La dinámica temporal correspondiente se muestra en la Figura 2. El movimiento inicial de los predadores produce una aproximación monótonica a un punto fijo no trivial durante la etapa transitoria de la simulación. Una vez que dicha etapa termina, es posible observar oscilaciones de baja amplitud alrededor del punto fijo, lo que corresponde a frentes de onda subsecuentes que son producidos cuando las presas sobrevivientes repueblan las zonas detrás del frente de onda original. Dicho proceso tiene un tiempo de vida corto, y las ondas finalmente desaparecerán. Después de la etapa transitoria, ambas poblaciones oscilan con el comportamiento fuera de fase típico de los sistemas presa-predador. Aún más interesante es el hecho de que la dinámica mostrada en la Figura 2 parece ser caótica. Trabajos anteriores (ver [9] [10] y [11]) sugieren que para un modelo espacialmente explícito que presenta comportamiento oscilatorio, si el acoplamiento entre los sitios de la lattice es relativamente bajo en comparación a la escala del sistema, entonces surge una dinámica asíncrona que desestabiliza un ciclo límite produciendo así comportamiento caótico.

Para entender mejor los efectos del comportamiento cooperativo en la dinámica del modelo, se efectuó una comparación contra una versión del modelo que no incluye el algoritmo PSO. Una gráfica de la densidad de presas contra la probabilidad de muerte de los predadores (ver Figura 3) muestra que en la simulación que no incluye PSO, existe un decremento en la probabilidad de muerte de los predadores. Note sin embargo que a todos los puntos que corresponden a la simulación que incluye

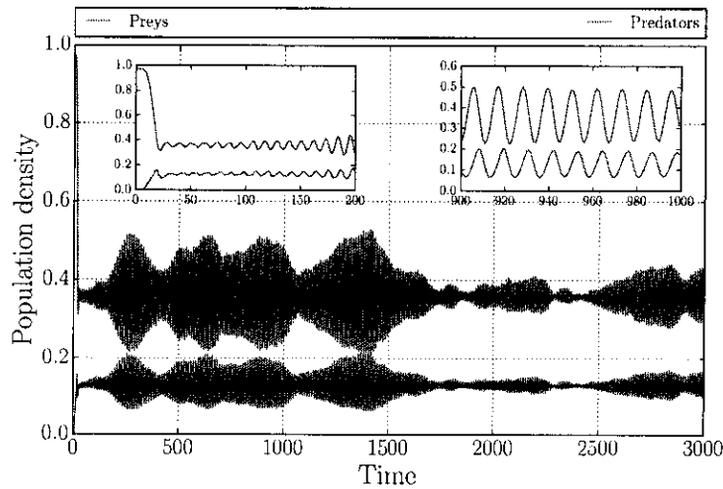


Figura 2: Dinámica temporal del modelo. El detalle izquierdo muestra una aproximación monótona a un punto fijo durante la etapa transitoria de la simulación, esto corresponde a frentes de onda que aparecen durante la invasión de los predadores. El detalle derecho muestra que las oscilaciones tienen un periodo regular y se encuentran fuera de fase.

PSO les corresponde una densidad de presas más baja que la observada en la simulación que incluye el algoritmo PSO. Es posible resumir los efectos de la cooperación como sigue: cuando se mueven a zonas donde la densidad de presas es alta, los predadores incrementan sus probabilidades de supervivencia. Con un mayor número de predadores sobreviviendo, existe un incremento en el número de presas que mueren.

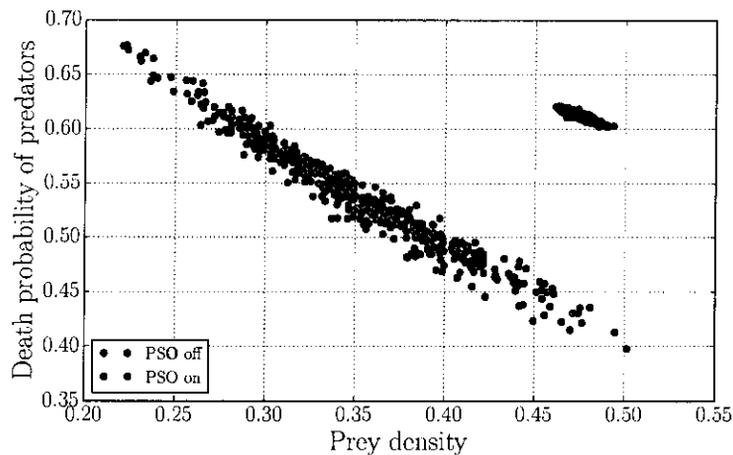


Figura 3: Consecuencias del comportamiento cooperativo en la probabilidad de muerte de los predadores. Ya que los predadores siguen la dirección de mayor concentración de presas, existe un decremento en la probabilidad de muerte de los predadores con respecto a una simulación donde el algoritmo PSO no es utilizado.

3. Metodología de investigación

La Sección 2 ha mostrado que el comportamiento cooperativo tienen un papel fundamental en determinar la dinámica del modelo propuesto: la cooperación no solo produce un interesante patrón espacial, sino que también conduce a un comportamiento dinámico complejo, en particular caos intermitente. También se ha mostrado que a través de la cooperación, los predadores son capaces de mejorar sus oportunidades de supervivencia; aún cuando al permanecer agrupados incrementan la competencia por alimento y espacio para la reproducción.

Para clarificar el objetivo de esta propuesta de investigación, es necesario proveer información adicional acerca del mecanismo responsable del comportamiento cooperativo en un algoritmo PSO.

PSO un algoritmo de computo evolutivo típicamente utilizado para hallar una solución óptima en un espacio de búsqueda que define el conjunto de posibles soluciones a un problema en particular. En un algoritmo PSO existe una población de partículas llamada "enjambre", la posición de una partícula determina una solución candidata al problema bajo estudio. Cada partícula registra además la posición del sitio que representa la mejor solución hallada por ella. Cada partícula también posee un vector de velocidad que indica la magnitud y dirección actual de su movimiento.

La posición X_i^t de cada partícula es actualizada en intervalos discretos de tiempo de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$V_i^{t+1} = \omega V_i^t + k_1 q_1 (P_i^t - X_i^t) + k_2 q_2 (P_{i_i}^t - X_i^t) \quad (1)$$

$$X_i^{t+1} = X_i^t + V_i^{t+1} \quad (2)$$

donde X_i^t es la posición de la partícula i en el tiempo t y V_i^t es el vector de velocidad de la partícula i en el tiempo t . Cada término de la Ecuación 1 tiene un papel distinto en el algoritmo PSO:

- El término ωV_i^t es responsable por mantener la dirección actual de movimiento de la partícula, este término es conocido como la componente inercial. El parámetro $\omega \in [0, 1]$ es llamado peso de inercia; valores de ω cercanos a uno producen desplazamientos grandes, mientras que valores de ω cercanos a cero producen desplazamientos pequeños. Debe notarse que el valor de ω es decrementado linealmente a lo largo de la duración del algoritmo. De esta manera, durante las primeras iteraciones los predadores ejecutan movimientos grandes que favorecen la exploración de su vecindad. Conforme avanza el tiempo, el movimiento de los predadores es más limitado, lo que favorece la búsqueda en zonas que se consideran buenas.
- El término $k_1 q_1 (P_i^t - X_i^t)$ es conocido como la componente cognitiva y sirve para guiar el movimiento de una partícula hacia zonas donde previamente ha hallado una buena solución. P_i^t denota la posición que representa la mejor solución hallada por la partícula hasta el tiempo t . El parámetro k_1 es conocido como el factor cognitivo, mientras que $q_1 \in [0, 1]$ es un número aleatorio elegido de manera uniforme. Ambos parámetros determinan la magnitud de la contribución de este término al nuevo vector de velocidad de la partícula.
- El término $k_2 q_2 (P_{i_i}^t - X_i^t)$ es conocido como la componente social, su objetivo es dirigir el movimiento de la partícula hacia la posición que representa la mejor solución entre sus vecinos. El parámetro k_2 es conocido como el factor social, $q_2 \in [0, 1]$ es un número aleatorio elegido de manera uniforme. Ambos parámetros determinan la contribución del término al vector de

velocidad de la partícula. P_i^t denota la posición que representa la mejor solución hallada por los vecinos de la partícula i al tiempo t .

Los parámetros q_1 y q_2 son elegidos de manera aleatoria con el objetivo de producir un movimiento alrededor de un punto que es el promedio ponderado de P_i^t y $P_{i_i}^t$, el objetivo es forzar a una partícula a explorar la vecindad de una zona con buenas soluciones. Una vez que la contribución de cada término ha sido obtenida, el nuevo vector de velocidad es sumado a la posición actual X_i^t de un predador para obtener su posición al tiempo $t + 1$.

De acuerdo a lo anterior, una partícula toma una decisión acerca de su movimiento a partir del desempeño de otras partículas. Conforme la información se difunde entre los miembros del enjambre, todas las partículas convergen a una solución óptima, de esta manera el aprendizaje se convierte en una propiedad auto-adaptativa de una sociedad [12]. En que medida la información que viene de otros individuos del enjambre, o el conocimiento propio de la partícula influyen su movimiento, depende de los valores tomados por las componentes cognitiva y social.

Un procedimiento razonable para incorporar una estrategia basada en la teoría de juegos en un algoritmo PSO es ejemplificada en [13] para problemas de optimización numérica. Los autores proponen las siguientes interpretaciones del mecanismo que utiliza PSO:

1. *Social vs Individual*. Si una partícula tiene una componente social más fuerte que la cognitiva entonces es una partícula que “coopera”; si la partícula tiene una componente cognitiva dominante, entonces es considerada como una partícula que “deserta”.
2. *Conformista vs rebelde*. Al igual que en la interpretación anterior, una partícula “coopera” cuando su componente social es dominante, “desertar” significa que la partícula adopta una de las siguientes estrategias:
 - Moverse hacia la mejor posición hallada por la partícula, i.e., la partícula ignora por completo su componente social.
 - Moverse en la dirección opuesta con respecto a la mejor posición hallada por sus vecinos.
 - Moverse en la dirección opuesta con respecto a V_i^{t+1}
 - Moverse siguiendo una dirección aleatoria, la partícula puede retener parte de la componente social, la componente cognitiva, o ninguna.

El juego se repite cada vez que una partícula necesita actualizar su posición de acuerdo a las siguientes reglas: una partícula compara la mejor solución que ha hallado al tiempo $t + 1$ con la solución hallada hasta el tiempo t , si la solución es mejor, entonces la partícula mantiene su estrategia actual, de otra manera la partícula adopta la estrategia opuesta.

Existen otros juegos que han sido utilizados para estudiar el comportamiento cooperativo en modelos de lattice, e.g., el juego de la gallina ha sido utilizado para investigar la competencia en modelos espaciales [14] [5]. Debe notarse que el propósito de mi investigación no es realizar optimización numérica, sino analizar la dinámica espacial y temporal del modelo, consecuencia del comportamiento cooperativo, y determinar si dicho modelo puede describir un sistema del mundo real.

3.1. Desarrollo de software

Ya que la plataforma de software para simular el modelo ya ha sido desarrollada, y los problemas en adaptar PSO a un modelo espacial discreto han sido resueltos [7], solo se requeriría un esfuerzo

mínimo para incluir en el modelo las estrategias mencionadas anteriormente.

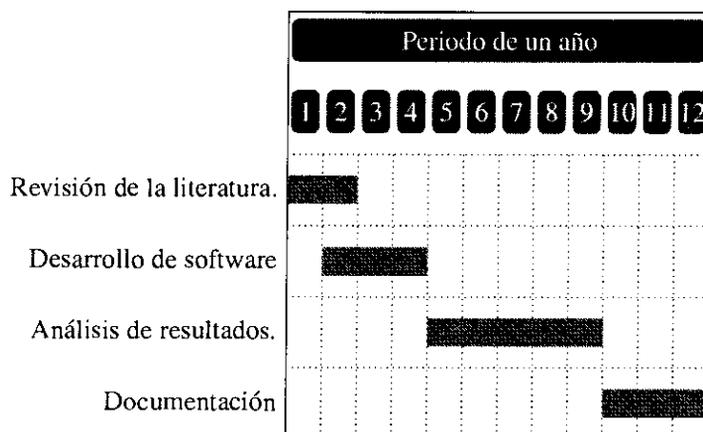
3.2. Análisis de simulaciones por computadora.

Para analizar los resultados de las simulaciones, es posible utilizar las herramientas como: los métodos de regresión [15], el análisis de estabilidad [16], la reconstrucción de atractores [17], y la teoría de probabilidad [18] [6], etc. En particular como parte de mi tesis (resultados publicados aparecen en [8]) desarrollé un modelo de campo promedio para predecir las densidades de presas y predadores a largo plazo. Dicho resultado es consecuencia de que las formas funcionales de las reglas de evolución de un modelo de lattice estocástico se preservan para tamaños diferentes de la vecindad correspondiente. Ya que se espera que al introducir las estrategias antes descritas solo se observe un cambio en cantidades como la mortalidad de presas y predadores, entonces debe ser posible construir un modelos similar utilizando el mismo procedimiento.

3.3. Documentación de resultados

Para documentar el modelo y los resultados obtenidos del mismo se hará uso del protocolo ODD [19]. Dicho protocolo provee un formato genérico y una estructura estándar a través de los cuales cualquier modelo basado en individuos puede ser documentado. El objetivo primario del protocolo ODD es facilitar y hacer más eficiente la escritura y lectura de la descripción del modelo. En el protocolo se incluyen procedimientos muy claros para documentar un modelo basado en individuos tales como: el propósito del modelo, variables de estado, escales, conceptos de diseño, etc.

4. Plan de actividades



Referencias

- [1] Robert Axelrod. *The Evolution of Cooperation*. Basic Books, 1984.

- [2] William H. Press and Freeman J. Dyson. Iterated prisoner's dilemma contains strategies that dominate any evolutionary opponent. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109:10409–10413, 199.
- [3] Alexander J. Stewart and Joshua B. Plotkin. Collapse of cooperation in evolving games. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111:17558–17563, 2014.
- [4] Michael Begon, Colin R. Townsend, and John L. Harper. *Ecology: From Individuals to Ecosystems*. Blackwell Publishing, 4th edition, 2006.
- [5] Feng Fu, Martin A. Nowak, and Hauert Christoph. Invasion and expansion of cooperators in lattice populations: Prisoner's dilemma vs snowdrift games. *Journal of Theoretical Biology*, 266:358–366, 2010.
- [6] Richard Durrett and Simon A. Levin. Stochastic spatial models: A user's guide to ecological applications. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 343:329–350, 1994.
- [7] Mario Martínez Molina, Marco A. Moreno Armendáriz, and Juan Carlos Seck Tuoh Mora. On the spatial dynamics and oscillatory behavior of prey-predator model based on cellular automata and particle swarm optimization. *Journal Of Theoretical Biology*, 336:173–184, 2013.
- [8] Mario Martínez Molina, Marco A. Moreno Armendáriz, and Juan Carlos Seck Tuoh Mora. Analyzing the spatial dynamics of prey-predator lattice model with social behavior. *Ecological Complexity*, 22:192–202, 2015.
- [9] V. A. A. Jansen. Regulation of predator-prey systems through spatial interactions: A possible solution to the paradox of enrichment. *Oikos*, 74:384–390, 1995.
- [10] V. A. A. Jansen. The dynamics of two diffusively coupled predator-prey populations. *Theoretical Population Biology*, 59:119–131, 2001.
- [11] André M. de Roos, Edward McCauley, and William G. Wilson. Mobility versus density-limited predator-prey dynamics on different spatial scales. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 246:117–122, 1991.
- [12] James Kennedy and Russel Eberhart. *Swarm Intelligence*. Morgan Kauffman Publishers, 1 edition, 2001.
- [13] Cecilia Di Chio, Paolo Di Chio, and Mario Giacobini. An evolutionary game-theoretical approach to particle swarm optimization. In *Applications of Evolutionary Computing*, volume 4974, pages 575–584. Springer Berlin Heidelberg, 2008.
- [14] Rick Durrett. Coexistence in stochastic spatial models. *The Annals of Applied Probability*, 19:477–496, 2009.
- [15] Mercedes Pascual, Pierre Mazzega, and Simon A. Levin. Oscillatory dynamics and spatial scale: the role of noise and unresolved pattern. *Ecology*, 82:2357–2369, 2001.
- [16] Mauro Mobilia, Ivan T. Georgiev, and Uwe C. Täuber. Phase transitions and spatio-temporal fluctuations in stochastic lattice lotka-volterra models. *Journal of Statistical Physics*, 128:447–483, 2007.
- [17] Stane Kodba, Perc Matjaz, and Marko Marhl. Detecting chaos from a time series. *European Journal of Physics*, 26:205–215, 2005.

Mario Martínez Molina

✉ m:

Education

- Agosto 2015 **Distinción del CONACYT como Candidato a Investigador Nacional.**
- 2011-2014 **Doctorado en Ciencias de la Computación**, *Centro de Investigación en Computación, Instituto Politécnico Nacional, Distrito Federal, México.*
- 2008–2010 **Maestría en Ciencias de la Computación**, *Centro de Investigación en Computación, Instituto Politécnico Nacional, Distrito Federal, México.*
- 2002–2006 **Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica**, *Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Instituto Politécnico Nacional, Distrito Federal, México.*

Publicaciones

- 2015 **Analyzing the spatial dynamics of prey-predator lattice model with social behavior**, *Mario Martínez Molina, Marco A. Moreno Armendáriz and Juan Carlos Seck Tuoh Mora*, In *Ecological Complexity*. Journal Citations Report Impact factor (5-year): 2.484).
- 2013 **On the spatial dynamics and oscillatory behavior in a prey-predator model based on cellular automata and local particle swarm optimization**, *Mario Martínez Molina, Marco A. Moreno Armendáriz and Juan Carlos Seck Tuoh Mora*, In *Journal of Theoretical Biology*. Journal Citations Report, impact factor: 2.208.
- 2012 **Prey-predator dynamics and swarm intelligence on a cellular automata model**, *Mario Martínez Molina, Marco A. Moreno Armendáriz, Nareli Cruz Cortés and Juan Carlos Seck Tuoh Mora*, In *Applied and Computational Mathematics*, volume 11-2, pages 243-266. 2012. Journal Citations Report, impact factor: 0.55.
- 2011 **Modelling prey-predator dynamics via particle swarm optimization and cellular automata**, *Mario Martínez Molina, Marco A. Moreno Armendáriz, Nareli Cruz Cortés and Juan Carlos Seck Tuoh Mora.*, In *Advances in Soft Computing*, volume 7905 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 189-200. Springer Berlin / Heidelberg..

Proyectos académicos

- Diciembre 2014 **Tesis de Doctorado: Long term analysis of the spatial and temporal dynamics of an ecological model based on cellular automata**, *Centro de Investigación en Computación, Instituto Politécnico Nacional, Distrito Federal, México.*

- Octubre 2010 **Presentación del póster: Competencia y depredación secuencial en autómatas celulares**, *Congreso Mexicano en Ciencias de la Complejidad 2010*, Distrito Federal, México.
- Julio 2010 **Tesis de Maestría: Diseño e implementación de un modelo que describa la dinámica de un autómata celular utilizando redes de Petri**, *Centro de Investigación en Computación, Instituto Politécnico Nacional*, Distrito Federal, México.
- Junio 2008 **Tesis de Licenciatura: Desarrollo de una aplicación básica de reconocimiento de rostros utilizando el análisis de la componente principal**, *Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Instituto Politécnico Nacional*, Distrito Federal, México.

■ Habilidades técnicas

Lenguajes de programación:	C++, C#, Python, Visual Basic .NET, C, XAML, \LaTeX .	Sistemas Operativos:	Microsoft Windows: 98, XP, Vista, 7, GNU/Linux: Arch Linux, Ubuntu, openSUSE.
Plataformas de software:	Microsoft .Net 2.0, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 Qt Framework 4.8	Software:	Visual Studio 2005-2012 Qt Creator Git Vim Scientific Python Eclipse Inkscape

■ Idiomas

Español: Lengua materna.
Inglés: 70%

■ Reconocimientos

- Diciembre 2014 **Graduado con mención honorífica, Doctorado en Ciencias de la Computación**, Centro de Investigación en Computación, Instituto Politécnico Nacional, Distrito Federal, México.
- Julio 2010 **Graduado con mención honorífica, Maestría en Ciencias de la Computación**, Centro de Investigación en Computación, Instituto Politécnico Nacional, Distrito Federal, México.