

Guia docent

480021 - MMSS - Fonaments de Modelització Matemàtica i Sistèmica de la Sostenibilitat

Última modificació: 11/06/2020

Unitat responsable: Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports de Barcelona

Unitat que imparteix: 724 - MMT - Departament de Màquines i Motors Tèrmics.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN CIÈNCIA I TECNOLOGIA DE LA SOSTENIBILITAT (Pla 2013). (Assignatura obligatòria).

Curs: 2020

Crèdits ECTS: 5.0

Idiomes: Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: MARTI ROSAS CASALS

Altres:

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

2. Aplicar adequadament, i de forma crítica i eficaç, marcs conceptuals, processos i tècniques d'obtenció i tractament de dades, estadística aplicada, modelització matemàtica, anàlisi de sistemes, sistemes d'informació geogràfica, tecnologies de la informació i les comunicacions i l'ecologia industrial a la solució de reptes de la sostenibilitat i desenvolupament sostenible.

3. Aplicar, analitzar de forma crítica els resultats i avaluar les teories, enfocaments i metodologies de valorització integrada en els àmbits de l'alimentació i el desenvolupament rural, les enginyeries agrícoles, de l'aigua, l'energia l'edificació, la construcció, el transport i el territori.

CE03. Analitzar de forma crítica i avaluar les teories i enfocaments sobre les característiques i propietats de la geoesfera i la biosfera que faciliten i emmarquen el desenvolupament dels sistemes socioecològics, així com els principals reptes del canvi climàtic.

Genèriques:

1. Desenvolupar i / o aplicar idees amb originalitat en un context d'investigació, identificant i formulant hipòtesis o idees innovadores i sotmetent-les a prova d'objectivitat, coherència i viabilitat.

Transversals:

4. TERCERA LLENGUA: Conèixer una tercera llengua, preferentment l'anglès, amb un nivell adequat oral i escrit i en consonància amb les necessitats que tindran els titulats i titulades.

5. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

Bàsiques:

CB9. Que els estudiants sàpiguen comunicar les seves conclusions -i els coneixements i raons darreres que les sustenten- a públics especialitzats i no especialitzats d'una manera clara i sense ambigüetats.

METODOLOGIES DOCENTS

Durant el desenvolupament de l'assignatura es faran servir les següents metodologies docents:

Classe magistral o conferència (EXP): exposició de coneixements per part del professorat mitjançant classes magistrals o bé per persones externes mitjançant conferències convidades.

Resolució de problemes i estudi de casos (RP): resolució col·lectiva d'exercicis, realització de debats i dinàmiques de grup, amb el professor o professora i altres estudiants a l'aula; presentació a l'aula d'una activitat realitzada de forma individual o en grups reduïts.

Projecte, activitat o treball d'abast reduït (PR): aprenentatge basat en la realització, individual o en grup, d'un treball de reduïda complexitat o extensió, aplicant coneixements i presentant resultats.

Activitats d'Avaluació (AV).

Durant el desenvolupament de l'assignatura es faran servir les següents activitats formatives:

Presencials

Classes teòriques i conferències (CTC): conèixer, comprendre i sintetitzar els coneixements exposats pel professorat mitjançant classes magistrals o bé per conferencians.

Classes pràctiques (CP): participar en la resolució col·lectiva d'exercicis, així com en debats i dinàmiques de grup, amb el professor o professora i altres estudiants a l'aula.

No presencials

Realització d'un projecte, activitat o treball d'abast reduït (PR): portar a terme, individualment o en grup, un treball de reduïda complexitat o extensió, aplicant coneixements i presentant resultats.

Estudi autònom (EA): estudiar o ampliar els continguts de la matèria de forma individual o en grup, comprenent, assimilant, analitzant i sintetitzant coneixements.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

En finalitzar l'assignatura, el/l'estudiant:

Coneix i comprèn la dimensió sistèmica de la sostenibilitat, les característiques i propietats que defineixen les seves dinàmiques temporals, així com les particularitats dels sistemes soci-ecològics.

Aplica de forma eficient tècniques i instruments propis de la matemàtica i l'estadística aplicada a reptes de la sostenibilitat i el desenvolupament mitjançant eines informàtiques de desenvolupament obert.

Integra i analitza críticament el resultat d'utilitzar models matemàtics i estadístics en la definició de solucions i estratègies de sostenibilitat i desenvolupament.

HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00
Hores activitats dirigides	7,5	6.00
Hores grup gran	37,5	30.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

1. INTRODUCCIÓ A LA SISTÈMICA

Descripció:

La Sistèmica pot ser considerada un nou nom per a totes les investigacions relacionades amb la Teoria de Sistemes i la ciència de sistemes. Es defineix com un camp emergent de la ciència que estudia els sistemes holístics i intenta desenvolupar marcs lògic matemàtics, d'enginyeria, i filosofia; en els quals els sistemes físics, mentals, cognitius, socials i metafísics puguin ser estudiats.

Objectius específics:

- (a) Presentar la sistèmica a partir del seu procés històric de desenvolupament, a partir de la cibernètica, la teoria de la informació i la teoria general de sistemes.
- (b) Reconèixer alguns dels principis comuns a diferents camps que sorgeixen d'aquesta visió holística.
- (c) Presentar els mapes conceptuals com a eina bàsica per representar la relacions sistèmicas.

Activitats vinculades:

A1

2. COMPLEXITAT I SOSTENIBILITAT

Descripció:

La complexitat sorgeix en observar la realitat de manera sistèmica. És la qualitat del que està compost de diversos elements i per tant es troba present en camps com la filosofia, l'epistemologia, la física i la biologia, la sociologia, la informàtica, la matemàtica, i també les anomenades ciències de la informació i de la comunicació o Tics. Els problemes associats al concepte de sostenibilitat solen ser sistèmics, holístics i complexos.

Objectius específics:

- (a) Presentar les diferents definicions de complexitat aplicades a sistemes econòmics, socials, naturals i biològics.
- (b) Reconèixer els patrons que permeten detectar la complexitat en aquests sistemes.
- (c) Presentar exemples de problemes relacionats amb la sostenibilitat que poden ser analitzats en el marc conceptual i amb les eines de la ciència de la complexitat.

Activitats vinculades:

A2/A3

3. INTRODUCCIÓ A LA MODELITZACIÓ

Descripció:

Un model (aquí i en general, matemàtic) és una forma d'expressar atributs i relacions d'un sistema de manera simplificada. Es caracteritza per contenir variables, paràmetres, entitats i relacions entre variables i/o entitats o operacions, i s'utilitza per estudiar comportaments de sistemes complexos davant situacions difícils d'observar en la realitat.

Objectius específics:

- (a) Presentar les diferents formes de modelització i la seva classificació.
- (b) Comprendre les diferències entre modelització i simulació.
- (c) Presentar i analitzar diferents exemples de models sectorials.
- (d) Presentar i analitzar diferents exemples de models integrats (locals i globals).

Activitats vinculades:

A4



4. MODELS AMB EQUACIONS

Descripció:

Els models matemàtics més coneguts són els que utilitzen equacions diferencials per caracteritzar l'evolució dinàmica (això és, temporal) dels sistemes que persegueixen estudiar. Si el sistema es descriu mitjançant equacions diferencials ordinàries, la integració pot ser directa. Però la complexitat dels sistemes implica moltes vegades la integració numèrica.

Objectius específics:

- (a) Presentar les diferències entre models dinàmics discrets i continus.
- (b) Presentar els diagrames causals com a evolució dels mapes conceptuals.
- (c) Presentar els diagrames de flux com a evolució dels diagrames causals i com a fonament de la tècnica de la dinàmica de sistemes.
- (d) Diferenciar els sistemes lineals dels no lineals.
- (i) Introduir l'anàlisi d'estabilitat com a eina essencial per caracteritzar el comportament dinàmic dels models de sistemes

Activitats vinculades:

A5/A6

5. MODELS AMB AGENTS

Descripció:

Un model basat en agents és un tipus de model computacional que permet la simulació d'accions i interaccions d'individus autònoms dins d'un entorn, i permet determinar quins efectes produeixen en el conjunt del sistema. Els models simulen les operacions simultànies d'entitats múltiples (agents), en un intent de recrear i predir les accions de fenòmens complexos, i que poden resultar emergents, des del nivell més elemental (micro) al més elevat (macro).

Objectius específics:

- (a) Reconèixer la necessitat de la programació computacional com a essència de la modelització amb agents.
- (b) Presentar les característiques i propietats dels models amb agents i com comunicar-los.
- (c) Reconèixer els patrons emergents com a resultants dels processos d'interacció entre agents.
- (d) Analitzar i comprendre els models basats en agents, així com la seva parametrització i calibrat.

Activitats vinculades:

A7/A8/A9

ACTIVITATS

A1. MAPA CONCEPTUAL DE "LA PESADILLA DE DARWIN"

Descripció:

Es demana que, en grups de 4-5 persones, es realitzi el mapa conceptual de la pel·lícula "La pesadilla de Darwin".

Objectius específics:

- Realització d'un mapa conceptual.
- Capacitat de plasmar en un mapa conceptual la complexitat (els actors i les relacions) que s'estableixen a la pel·lícula.

Material:

Pel·lícula: (<http://www.youtube.com/watch?v=IV7Y9FHcdFk>)
CMapTools (<http://ftp.ihmc.us/>)

Lliurament:

Mapa conceptual de "La pesadilla de Darwin" en PDF.

A2. LLEIS DE POTÈNCIA, DE ZIPF I DISTRIBUCIONS DE PARETO

Descripció:

Es demana que, de forma individual, es llegueixi i compregui un article en el qual s'analitzen alguns patrons característics dels sistemes complexos, com les lleis de potència, i els seus mecanismes generadors.

Objectius específics:

- Diferenciar i caracteritzar les funcions "de cola larga" mitjançant anàlisi estadístic bàsic (full de càlcul).
- Comprendre el concepte de constant de normalització.
- Diferenciar les distribucions de provabilitat de les correlacions alométriques.

Material:

- M. E. J. Newman: Power laws, Pareto distributions and Zipf's law, Contemporary Physics 46, 323-351 (2005). Sections I, II and III. / Appendix A.
- Preguntes guia.

Lliurament:

Resposta a les preguntes guia en PDF.

A3. CORRELACIÓ I CAUSACIÓ

Descripció:

Es demana que, de forma individual, es llegueixi i compregui un article en el qual s'analitzen correlacions entre serveis ecosistèmics i es diferencien de les relacions causals.

Objectius específics:

- Reconèixer el concepte de servei ecosistèmic i de 'ecosystem service bundle'.
- Reconèixer les diferències entre solució de compromís i sinergia (i.e., tradeoff i synergy).
- Presentar el coeficient de Pearson com un cas particular de mesura d'informació mútua per a correlacions lineals i la seva extrapolació a correlacions no lineals.

Material:

- Article (C. Raudsepp-Hearne, G. D. Peterson & E. M. Bennett: Ecosystem service bundles for analyzing tradeoffs in diverse landscapes, Proc. Natl. Acad. Sci., Vol. 107, No. 11. (16 March 2010), pp. 5242-5247 (with Supporting Information).
- Preguntes guia.

Lliurament:

Resposta a les preguntes en PDF.

A4. DIAGRAMES DE FLUXE I DIAGRAMES CAUSALS

Descripció:

Es demana que, en grups de 4-5 persones, es transformi el mapa conceptual (o alguna de les seves parts) de l'activitat A1 en un diagrama causal.

Objectius específics:

- Aprendre a transformar un mapa conceptual (o alguna de les seves parts) en un diagrama causal com a primer pas necessari per la modelització de sistemes complexos.

Material:

- Mapa conceptual de l'activitat A1.
- Preguntes guia.

Lliurament:

Diagrama causal de l'activitat A1.

A5. ANÀLISI D'ESTABILITAT

Descripció:

Es demana que, en grups de 4-5 persones, (a) es transformi el diagrama causal de l'activitat A5 en un diagrama d'existències i fluxos, para (b) posteriorment transformar-ho en un sistema d'equacions diferencials i (c) implementar-ho a nivell computacional per finalment (d) analitzar la seva estabilitat.

Objectius específics:

- Desenvolupar la capacitat d'abstracció necessària per generar un model amb equacions mínim i implementar-ho a nivell computacional.
- Comprendre i analitzar la seva estabilitat.

Material:

- Diagrama causal de l'activitat A5.
- Preguntes guia.
- Diagrama d'existències i fluxos de l'activitat A5.
- Sistema d'equacions diferencials del diagrama anterior.
- Implementació computacional (format nlogo).
- Anàlisi d'estabilitat de l'esmentat sistema.

A6. INTRODUCCIÓ A LA PROGRAMACIÓ

Descripció:

Es demana que, de forma individual, es realitzin els tutorials del programa utilitzat per a la programació mitjançant agents (i.e. NetLogo).

Objectius específics:

- Familiaritzar-se amb el llenguatge de programació i la interfície del programa NetLogo.

Material:

- NetLogo (<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>)
- Tutorials NetLogo (<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/docs/>)

A7. EL PROTOCOL ODD I LA SEVA ADOPCIÓ EN L'ÀMBIT CIENTÍFIC

Descripció:

Es demana que, en grups de 4-5 persones, es llegueixin articles científics en els quals es fa servir i no el protocol ODD per a descriure i comunicar models amb agents.

Objectius específics:

- Reconèixer el potencial i la utilitat del protocol ODD com a marc de comunicació d'aquest tipus de modeles d'agents.

Material:

- Relació d'articles que utilitzen el protocol ODD.
- Relació d'articles que no utilitzen el protocol ODD.
- Preguntes guia.

Lliurament:

Resposta a les preguntes guia en PDF.

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

AV1 Prova escrita parcial de control de coneixements (PE). 35%

AV2 Prova escrita parcial de control de coneixements (PE). 35%

AV3 Treballs realitzats al llarg del curs (TR). 30%



BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Norberg, J.; Cumming, G.S. (eds.). Complexity theory for a sustainable future. New York: Columbia University Press, 2008. ISBN 9780231134606.
- Erdi, P. Complexity explained [en línia]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008 [Consulta: 28/10/2019]. Disponible a: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-35778-0>. ISBN 9783540357780.
- Grimm, V.; Railsback, S.F. Individual-based modeling and ecology. Princeton and Oxford: Princeton University Press, 2005. ISBN 9780691096667.
- Casti, J.L. Would-be worlds: how simulation is changing the frontiers of science. New York: John Wiley and Sons, 1997. ISBN 9780471196938.

Complementària:

- Aracil, J. Introducción a la dinámica de sistemas. 3a ed. Madrid: Alianza, 1986. ISBN 8420680583.
- Railsback, S.F. Agent-based and individual-based modeling: a practical introduction. Princeton: Princeton University Press, 2011. ISBN 9780691136745.
- Miller, J.H.; Page, S.E. Complex adaptive systems: an introduction to computational models of social life. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2007. ISBN 9780691127026.

RECURSOS

Altres recursos:

Artículos científicos varios