

CRA

Programació Lògica
PROLOG

Curs 2024-25

Pràctica: Detecció i explicació d'avaries

CONTINGUT D'AQUEST DOCUMENT

Aquest document descriu:

- en què consisteix la pràctica.
- quin és el procés per desenvolupar-la.
- com us registreu com a equip que desenvoluparà la pràctica.
- quins dominis de treball podeu escollir com a objectiu del sistema que desenvolupareu per realitzar la pràctica.
- les característiques que ha de tenir el sistema que heu de dissenyar i programar.
- els diversos nivells de dificultat que podeu escollir assolir.
- els criteris d'avaluació.
- el procés de lliurament de la pràctica.
- referències complementàries per ampliar la descripció que es fa de les capacitats i característiques del sistema a construir.

EN QUÈ CONSISTEIX LA PRÀCTICA?

La pràctica consisteix a dissenyar i implementar un programa en Prolog capaç de detectar possibles avaries d'un sistema donat i les seves causes construint una explicació plausible.

La detecció d'avaries com a raonament

La detecció d'avaries és una tasca típica en intel·ligència artificial i els sistemes basats en coneixement, especialment en aplicacions de diagnòstic i reparació. Les aplicacions van des de sistemes i processos industrials a sistemes “incrustats” (embedded) en aparells on és impossible la presència humana o la comunicació a temps i el propi sistema s'ha d'autodiagnosticar i reparar (per exemple, els sistemes de raonament d'aquesta mena que tenen diversos ginys espacials actualment a milions de quilòmetres de la terra).

La tasca de detecció d'avaries consisteix a identificar les causes d'un mal funcionament en un sistema a partir d'un conjunt **d'observacions i regles predefinides**. Per implementar-la eficaçment, una possibilitat és disposar de:

1. **Teoria del funcionament del sistema a diagnosticar:** Un model precís que descriu com ha de funcionar el sistema en condicions normals. Això inclou les relacions entre els components, els seus comportaments esperats i les seves possibles interaccions, precisant els efectes que aquestes poden tenir. Per exemple dins la teoria que descriu el funcionament d'un sistema de calefacció una descripció del seu funcionament correcte hauria d'incloure que manté la temperatura indicada pel termostat. La teoria de funcionament, òbviament, haurà de contenir una quantitat suficient de regles per modelar tot el funcionament normal del sistema.
2. **Model de fallades o errors:** Un conjunt de regles o hipòtesis que descriuen els possibles funcionaments incorrectes o avaries del sistema. Això inclou informació sobre com les fallades poden manifestar-se en les observacions. Per exemple una avaria d'un sistema de calefacció podria ser, per exemple, que no manté la temperatura indicada pel termostat. De manera semblant el model ha de ser força ampli i exhaustiu, cobrint totes les avaries que es poden donar.

Per tal de diagnosticar, detectar avaries i explicar-les es pot seguir un cicle de diagnosi:

- Observar les magnituds (temperatura, funcionament d'un motor, encesa de llums, etc.) que caracteritzen el funcionament del sistema.
- Comparar-les amb el model de funcionament normal
- Veure si hi ha diferències (síntomes de que alguna cosa no va bé)
- Si n'hi ha, comprovar amb el model de falles quina és la causa més plausible que expliqui l'avaría

Un enfocament comú per abordar aquesta tasca és utilitzar **abducció**, un procés de raonament que permet generar explicacions plausibles per a un conjunt d'observacions donat. En aquest context, l'abducció s'utilitza per identificar les possibles causes d'una avaria i explicar els símptomes observats.

A continuació van tres mini-exemples en tres contextos diferents:

Exemple 1: Automòbil

Funcionament esperat: Un automòbil requereix combustible, un sistema elèctric funcional i un motor operatiu per arrencar i moure's. Si tot està bé, esperem que es mogui (i altres coses, com que freni, les llums funcionin, els intermitents, etc. etc.)

Model de fallades:

- El motor no arrenca si la bateria està esgotada o el sistema d'encesa està avariada.
- El vehicle no es mou si hi ha un problema amb la transmissió o els frens estan bloquejats.

Abducció: Si el motor no arrenca i el llum del tauler és feble, una explicació plausible és que la bateria està descarregada. Si el motor arrenca però no es mou, la causa podria ser una transmissió avariada.

Aquesta mena de sistemes són molt comuns i totes les marques o bé n'integren alguna variant a la propia instrumentació del cotxe o bé l'ofereixen en sistemes de diagnòstic pels tallers de reparació d'automòbils. En aquest darrer cas una de les primeres coses que fa el personal de mecànica és connectar l'automòbil al sistema i tenir les primeres diagnòstics i explicacions, abans de procedir segons el protocol corresponent o seguir la seva pròpia experiència en casos semblants i adaptar la solució que varen fer servir en una altra ocasió (raonament basat en casos [RSDGR18]). Hi ha moltes publicacions que descriuen diversos sistemes basats en coneixement en diagnòstic d'automòbils. Per exemple, [GW98] .

Exemple 2: Cuina Domèstica

Funcionament esperat: Una cuina moderna amb plaques elèctriques ha de tenir una connexió elèctrica estable i controls funcionals. Ha de respondre als comandaments adequadament, donant més calor quan aquests pugen l'escala de valors i menys en cas contrari, etc.

Model de fallades:

- Les plaques no s'escalfen si hi ha un fusible cremat o un mal funcionament del circuit de control.
- La pantalla tàctil no respon si el sistema de control electrònic està malmès.

Abducció: Si les plaques no s'encenen però altres electrodomèstics a la cuina funcionen, una possible explicació és un fusible cremat específic per a la cuina. Si les plaques funcionen però no es poden ajustar, el problema podria ser al circuit de control. Trobareu moltes publicacions que descriuen sistemes basats en raonament més o menys complexos dins aquest àmbit,.

Exemple 3: Refrigerador Domèstic

Funcionament esperat: Un refrigerador manté una temperatura interna baixa gràcies a un motor compressor, un sistema de refrigeració i un termòstat operatiu.

Model de fallades:

- No refreda si el motor compressor està espatllat o si hi ha una fuga de gas refrigerant.
- El termòstat no funciona si els sensors de temperatura estan mal calibrats o danyats.

Abducció: Si el refrigerador no refreda i el motor no s'escolta en funcionament, una explicació plausible és una avaria al compressor. Si el motor funciona però la temperatura és incorrecta, una possible causa és un problema al termòstat o una fuga de gas refrigerant. Podeu trobar moltes publicacions semblant a aquesta [HYW10] que us poden orientar.

A la web amb la versió online del llibre *Simply Logical* de Peter Flach i Kacper Sokol [FS22] podeu trobar l'explicació fil per randa de com utilitzar l'abducció en detecció i explicació d'avaries (secció 8.3). En concret a l'apartat 8.3. Per entendre bé el funcionament del codi Prolog (que podeu executar online), us haureu de referir a un capítol anterior on es presenta el concepte de "metaprograma" (secció 3.8).

A la web de la tercera edició d'*Artificial Intelligence: Foundations of Computational Agents* de David Poole i Alan MacWorth [PM10] podeu trobar una altra caracterització de l'abducció aplicada també al domini de la detecció i explicació d'avaries.

A la web ifixit ([ifixit.com](https://www.ifixit.com)) podeu trobar moltíssims exemples de com detectar avaries de cotxes i electrodomèstics i reparar-les. També a (www.wikihow.com/). Vegeu [ABFB20] per veure quines estratègies de detecció, explicació i reparació s'hi poden trobar i que provenen dels propis usuaris d'aquestes webs.

Domini concret de la vostra pràctica

Per tal de facilitar-vos recòrrer al vostre coneixement pràctic i complementar-lo amb el que trobeu a les referències citades més amunt, us proposem de no treballar amb satèl·lits espacial, sinó amb aparells més terraquis i familiars.

Cada grup de pràctiques escollirà un un àmbit inicial de detecció d'avaries creació de la seva explicació:

- Automòbil
- Refrigerador
- Cuina

El sistema de raonament en Prolog que construïu ha de complir amb aquest requisits:

- Ha de tenir un component de detecció de falles que pot utilitzar un model de falles
- Ha de tenir un component de construcció d'explicacions de l'avaría detectada
- Ha de treballar amb, almenys, cinc subsistemes del sistema que es tracti (cotxe, refrigerador, cuina). Per exemple, en el cas del cotxe podria ser: direcció, transmissió, encesa, sistema elèctric, sistema de confort interior.
- Ha de detectar almenys 15 tipus d'avaries
- Preferentment, hauria de seguir de forma clara i fidel un esquema d'abducció en Prolog com el de *Simply Logical* o els que proposen Poole i Markworth al seu llibre.

El funcionament que s'espera del vostre sistema és:

- iniciarà un diàleg interactiu amb l'usuari preguntant quines diverses observacions ha fet (no s'encenen els fars del cotxe, o la cuina no engega o el refrigerador no congela, etc.)
- Proposarà una o més causes
- Podrà explicar el perquè ha seleccionat aquestes causes

A partir d'aquí vosaltres mateixos us marqueu el nivell d'ambició que voleu assolir.

Nivell	Descripció	Nota màxima que podeu obtenir
Bàsic	El sistema és capaç de detectar y explicar les averies problemes del domini que heu escollit. Hi ha un diàleg interactiu amb els usuaris on el sistema va realitzant preguntes demanant si s'observa o no un determinat símptoma. S'estableix quina és la causa dels símptomes indicats per l'usuari. Si no es pot concloure cap causa, es comunica que això no és possible i s'acaba la sessió actual. Es pot demanar començar-ne una de nova fins que l'usuari comuniqui que no vol continuar amb més sessions de consulta (<i>query</i>).	5-7
Millorat	Afegir una possibilitat de que la persona usuària pugui carregar informació d'un altre sistema (altre cotxe diferent o bé un altre sistema). Si, per exemple, el vostre sistema inicial treballa amb cotxes, podeu donar la possibilitat de que també diagnostiqui cuines o refrigeradors. Mínim, dos sistemes diferents.	7-9
Max	L'anterior però també podeu demanar a la persona usuària quin arxiu amb extensió .pl conté els fets que s'han observat. Per dir-ho així, d'aquesta manera, en principi, heu de poder diagnosticar "en batch", un cas rera l'altre. Altres millores que pugueu oferir.	9-10

Observacions sobre ús de fitxers de fets i resultats (funcionament en “batch”).

Pel nivell **max**, la idea és que carregueu el vostre programa en un fitxer d'entrada (extensió .pl) on tingueu els fets de diversos casos que heu de diagnosticar dins el vostre domini. És a dir, si esteu al domini dels cotxes, seran els fets observats de diversos cotxes diferents amb avaries diferents.

També podrieu fer que el contingut d'aquests fitxers inclogués preguntes a l'usuari. Això posaria en marxa la part d'interacció amb la persona usuària que hauria de contestar les preguntes de la manera habitual.

Amb aquests fets pot passar que els sistema pugui identificar la causa de l'avaría o no.

Heu de generar un fitxer de resultats on quedin reflectits:

- quins fets s'han donat d'entrada pel cas que calia diagnosticar (més els que s'hagin pogut demanar a l'usuari o deduït durant la inferència).
- quin resultat s'ha obtingut: diagnosi aconseguida o impossibilitat de diagnosi amb les evidències acumulades. Igualment pe l'explicació.

Instruccions de treball en equip, documentació i detalls de lliurament

Condicions

*Aquest projecte es fa entre **dues persones** que formen un **equip**.*

Si no trobeu suficients persones per un equip de dues persones, podeu treballar en solitari (tot i que no ho recomanem!). El nombre de persones que finalment formin un equip es tindrà en compte cara a modular l'avaluació de la vostra pràctica atès que defineix càrregues de treball diferents per cada persona de l'equip.

IMPORTANT: REGISTRE COM A EQUIP

Cal que envieu **abans del dia 13 de Desembre de 2022** (màx 11:30 del matí) un mail al vostre professor de **teoria** indicant:

DOMINI INICIAL ESCOLLIT (Cotxes, Cuines, Neveres)	DNI Persona 1	Nom i Cognoms Persona 1	DNI Persona 2	Nom i Cognoms Persona 2
--	---------------	-------------------------	---------------	-------------------------

Us assignarem el número d'equip per ordre consecutiu d'arribada de mails.

Si no us registreu abans de la data límit, entendrem que no fareu aquesta pràctica i per tant apareixerà com a No Presentada (en el còmput numèric comptarà 0 dins el pes assignat a la pràctica).

Data de lliurament: fins el dia 13 de Gener a les 11:30am

Documentació i lliurament

Per tal de documentar el vostre treball heu d'entregar un **informe** que consta de:

1. Portada amb els vostres noms i el tipus de sistema que diagnostica el vostre sistema
2. Un index on s'indiquin les diverses seccions del vostre document
3. Com a mínim, el document ha de tenir les següents seccions:
 1. Un resum de menys d'una plana de l'aproximació que heu pres per solucionar el problema.
 2. Una breu frase, ben clara i destaca, que indiqui nivell d'ambició que heu escollit per la vostra pràctica.
 3. Descripció del sistema escollit, indicant causes i símptomes i quines fonts heu fet servir (apart del vostre coneixement d'ús d'algun del aparell a diagnosticar).
 4. Indicar en quins components heu dividit l'aparell ha diagnosticar (com hem comentat, per exemple, més amunt en el cas del cotxe).
 5. Explicar quin és el vostre procediment de detecció d'avaries i explicació: abducció pura, ús de models de falles i models causals, etc.
 6. Traducció a regles i fets de la informació que heu estimat necessària per procedir a la diagnosi. Indiqueu quines decisions heu pres per formalitzar-lo en Prolog.
 7. Quins casos de prova heu fet servir i quin resultat han donat (podeu afegir-los en un Annex, també).
 8. "Manual": Una breu sèrie d'instruccions sobre com fer servir el vostre sistema: com instal·lar els diversos fitxers que calen i com es realitzar la interacció amb els usuaris.
 9. Secció de referències. Documents addicionals que heu manegat per arribar al disseny que heu arribat: llibres, articles, referències web que heu buscat per trobar estratègies sobre com desenvolupar el tipus de sistema que heu construït, exemples, etc. Si voleu citar adequadament una referència, es valorarà que consulteu les reconamacions de, per exemple, l'APA:
 - a) <https://apastyle.apa.org/style-grammar-guidelines/references>
 - b) <https://apastyle.apa.org/style-grammar-guidelines/citations>

Apart d'aquest document, heu d'entregar tots els arxius, .pl que heu fet servir i que

provarem independentment abans de tenir l'entrevista d'explicació amb vosaltres.

Mecanisme de lliurament

S'habilitarà una bústia d'lliurament de pràctiques al Racó per a que hi pugueu pujar els arxius corresponents a la vostra pràctica dins el termini de lliurament assignat.

Data límit: 12 de Gener de 2025 a les 11:30 del matí.

Format de lliurament

Cal que entregueu **dos** grups de fitxers:

- L'arxiu .pdf que conté el petit informe amb l'estructura que s'ha comentat més amunt.
- L'arxiu o arxius amb el vostre programa Prolog amb aquest format: SolucioNom1Nom2.pl. On **Nom1** és el nom de la primera persona que forma part de l'equip i **Nom2** el de la segona. Si hi ha més d'un fixer .pl, afegiu-lo.

Entrevista d'avaluació.

Un cop entregat, heu d'acordar una data i hora amb el professor per explicar detalls de la vostra implementació, principals dificultats i com les heu resolt. L'entrevista durarà uns 30 minuts. ***Si no us presenteu a l'entrevista, la vostra pràctica constarà com a No Presentada i en el càlcul numèric de notes equivaldrà a un 0.***

Rúbrica d'avaluació

La valoració del vostre treball es farà d'acord a la següent rúbrica.

Concepte	Explicació	Pes en l'avaluació
Qualitat de la documentació	Claredat, estructura, ús de llenguatge, qualitat de la vostra argumntació i qualitat i pertinença de les referències.	15 %
Qualitat de la traducció del coneixement del vostre domini al formalisme de raonament Prolog	Claredat, justificació, tractament de casos de detecció d'avaries especials.	10 %
Adequació de la vostra solució a la tasca cognitiva de detecció d'avaries (diagnosi) i explicació	El sistema de detecció segueix esquemes de raonament propis de la diagnosi i l'explicació, com l'abducció.	15 %
Generalitat de la solució	El vostre sistema de detecció funciona per diversos casos de prova, que seran variants del vostre cas inicial.	15 %
Ús de llenguatge Prolog	Ús correcte dels constructes del sistema Prolog, en concret pel control de la inferència, l'entrada sortida i la gestió de fitxers (si la feu).	20 %
Funcionament	Execució correcta del programa. I interacció clara amb l'usuari. Si no s'executa, la vostra nota total de la pràctica no pot passar del 3.	25 %

Bibliografia citada

[ABFB20] Arcos, B. P., Bakker, C., Flipsen, B., & Balkenende, R. (2020). Practices of fault diagnosis in household appliances: Insights for design. *Journal of Cleaner Production*, 265, 121812.

[FS22] Peter Flach i Kacper Sokol. *Simply Logical – Intelligent Reasoning by Example* (Edició Interactiva Online). 2022. doi: 10.5281/zenodo.1156977. url: <https://book.simply-logical.space/>.

[GW98] Gelgele, H. L., & Wang, K. (1998). An expert system for engine fault diagnosis: development and application. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 9, 539-545.

[HYW10] Hsu, C. L., Yang, S. Y., & Wu, W. B. (2010). 3C intelligent home appliance control system—Example with refrigerator. *Expert Systems with Applications*, 37(6), 4337-4349.

[PM10] Poole, D. L., & Mackworth, A. K. (2010). Artificial Intelligence: foundations of computational agents. Cambridge University Press.

[RSDGR18] Rahman, A., Slamet, C., Darmalaksana, W., Gerhana, Y. A., & Ramdhani, M. A. (2018). Expert system for deciding a solution of mechanical failure in a car using case-based reasoning. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 288, No. 1, p. 012011). IOP Publishing.