

Resum

Tot i la contínua evolució dels ordinadors i la tecnologia de la informació, els problemes combinatoris d'optimització del món real són problemes NP, en particular del domini de la planificació i *scheduling*. Per això, encara que tècniques exactes del camp de la investigació operativa, com la Programació Lineal, podrien ser aplicades per a resoldre aquests problemes d'optimització, aquestes són difícils d'aplicar a escenaris del món real ja que normalment requereixen massa temps de còmput, per exemple, se requereix una solució optimitzada en un temps de còmput assequible. A més, els responsables sovint s'enfronten a diferents i típicament objectius oposats, convertint-se en problemes d'optimització multi-objectiu. Per tant, tècniques aproximades del camp de la Intel·ligència Artificial (IA) normalment s'empren per resoldre els problemes del món real. Les tècniques de la IA proporcionen representacions més riques i flexibles del món real (Gomes 2000), i són àmpliament utilitzats per resoldre aquest tipus de problemes. Les tècniques heurístiques d'IA no garanteixen la solució òptima, sinó que proporcionen solucions pròximes a l'òptima en un temps raonable. Aquestes tècniques es divideixen en dos grans grups de classes d'algorismes: els mètodes constructius i els mètodes de cerca local (Aarts and Lenstra 2003). Aquests poden guiar els seus processos de cerca a través d'heurístiques o metaheurístiques depenent de com ells escapen dels òptims locals (Blum and Roli 2003). Fent referència als problemes d'optimització multi-objectiu, l'ús de les tècniques d'IA passen a ser imprescindibles per la complexitat d'aquests problemes (Coello Coello 2006).

Actualment, el punt de vista per a les tasques de planificació i *scheduling* ha canviat. Com que el món real és incert, imprecís i no determinístic, pot haver informació desconeguda, errors, incidències o canvis que converteixen els plans inicials invàlids. Per això, hi ha una nova tendència per fer front a aquests aspectes en les tècniques d'optimització i buscar solucions robustes (*schedules*) (Lambrechts, Demeulemeester, and Herroelen 2008).

D'aquesta manera, aquests problemes d'optimització es tornen més difícils ja que una nova funció objectiu (mesura de robustesa) s'ha de tenir en compte durant la recerca de la solució. Per tant, el concepte de robustesa ha de ser estudiat i una mesura de la robustesa

general ha estat desenvolupada per a qualsevol problema de *scheduling* (com Job Shop Problem, Open Shop Problem, Railway Scheduling o Vehicle Routing Problem).

Amb aquesta finalitat, en aquesta tesi, algunes tècniques s'han desenvolupat per millorar la recerca de solucions optimitzades i robustes en problemes de planificació i *scheduling*. Aquestes tècniques ofereixen assistència als responsables per ajudar en les tasques de planificació i *scheduling*, determinar les conseqüències dels canvis, proporcionar assistència per a la resolució d'incidents, proporcionar plans alternatius, etc

Com a cas d'estudi per avaluar el comportament de les tècniques desenvolupades, aquesta tesi se centra en problemes relacionats amb terminals de contenidors. Les terminals de contenidors serveixen com a zona de transbord entre els vaixells i altres mitjans de transport (trens o camions). A (Henesey 2006a), es mostra com aquest mercat de transbord ha crescut ràpidament. Les terminals de contenidors són sistemes oberts amb tres àrees distingibles: l'àrea del moll, el pati de contenidors, i l'àrea de la porta d'entrada i recepció de la terminal. Cada àrea presenta diferents problemes de planificació i *scheduling* que han de ser optimitzats (Stahlbock and Voß 2008). Per exemple, l'assignació de molls, l'assignació de grues, la planificació de l'estiba dels vaixells, la planificació de les grues han de ser gestionats a la zona del moll; el problema de l'apilament de contenidors, la planificació de les grues del pati i les operacions del transport horitzontal s'han de dur a terme en l'àrea del pati de contenidors; i, les operacions amb l'interior del país han de ser resoltes en l'àrea de la porta de la terminal.

Les tasques de les terminals de contenidors tenen lloc en un entorn susceptible d'errors o incidències. Per exemple, el motor d'una grua del moll podria deixar de funcionar i necessitaria ser revisat, retardant aquesta tasca una o dues hores. D'aquesta manera, el concepte de robustesa pot ser inclòs en les tècniques de *scheduling* per a tenir en compte algunes incidències i retornar un conjunt de plans robustos.

En aquesta tesi, s'ha desenvolupat un nou planificador dependent del domini per tal d'obtenir solucions més eficients en el problema genèric de la remoció de contenidors. Les heurístiques i criteris d'optimització de planificació desenvolupats han estat avaluats en problemes realistes i resulten aplicables per al problema genèric de remoció en escenaris del món de blocs.

A més, s'ha desenvolupat un model de *scheduling*, aplicant tècniques metaheurístiques constructives, sobre un complex problema que combina seqüències d'escenaris amb diferents tipologies de recursos (Berth Allocation, Quay Crane Assignment, and Container Stacking problems). Aquests problemes habitualment són resolts de forma desjunta i la seva integració permet obtenir solucions més optimitzades.

D'altra banda, per tal de tractar les incidències i canvis que sorgeixen en entorns dinàmics del món real, s'ha desenvolupat un model de robustesa per a tasques de *scheduling*. Aquest model s'ha aplicat sobre esquemes metaheurístics, basats en algorismes genètics.

L'extensió d'aquests esquemes, incorporant el model de robustesa desenvolupat, permet avaluar i obtenir solucions més robustes. Aquest criteri, combinat amb el clàssic criteri d'optimalitat dels problemes de *scheduling*, permet obtenir, de forma eficient, solucions optimitzades capaces de suportar un major grau d'incidències que ocorren en escenaris dinàmics. D'aquesta manera, s'aplica una aproximació proactiva al problema que sorgeix amb la presència d'incidències i canvis, que ocorren en els típics problemes de *scheduling* d'un món real dinàmic.