

Dr. Salvador Olasso,
Departament de Rendiment Esportiu
INEFC-Lleida.
Jordi Cebolla,
Tècnic informàtic
INEFC-Lleida.

LA SIMULACIÓ DE SISTEMES EN ELS LLANÇAMENTS ATLÈTICS: UNA APLICACIÓ AL LLANÇAMENT DE PES

Abstract

Paraules clau: simulació,
dinàmica de sistemes, model,
mètodes de simulació.

The approach of this present article could be included in systemics as methodology of scientific intervention, using formal means for the knowledge of reality.

For some, systemics provides a reliable field for methodological application —understood as scientific method— and for others —the more speculative— tries to find all kinds of similarities between systems, omitting all mathematical formalism and paying more importance to the richness of ordinary language. In both groups, we establish the scientific concept of metaphor.

In our case, systemics —their dynamic part— are built up as a tool of analysis and prediction of the behaviour of the system object of the study. In this way we try to propound the bases of a future and more profound simulation of applied system. From this point of view we have based our study. In it, we hope to know the probable length of a shot putt, starting from the application of selected battery of field tests. To help this objective, we have made an informatic program to help the automatic calculation of the various factors and the simulation of the results.

Resum

L'enfocament que persegueix el present article s'insereix en la sistèmica com a metodologia d'intervenció científica, la qual utilitza mitjans formals per al coneixement de la realitat.

Per a uns, la sistèmica proporciona un camp abonat per a l'aplicació metodològica —entesa com a mètode científic— i per altres —aquells més especulatius— pretén trobar tot tipus de similitud entre sistemes prescindint de tot formalisme matemàtic i donant més importància a la riquesa del llenguatge ordinari. En ambdues

es fa patent el concepte científic de metàfora.

En el nostre cas, la sistèmica —la seva part dinàmica— es construeix com a una eina d'anàlisi i predicció del comportament del sistema objecte d'estudi. D'aquesta manera, intentem proposar les bases d'una futura i més profunda *simulació* de sistemes aplicats.

Des d'aquesta perspectiva hem situat l'estudi. S'hi pretén conèixer la longitud *probable* de llançament d'un llançador de pes, a partir de l'aplicació d'una bateria selectiva de tests de camp. Per afavorir aquest objectiu,

s'ha creat un programa informàtic que facilita el càlcul automàtic dels diversos factors i la *simulació* dels resultats.

Introducció

La simulació de sistemes representa en l'actualitat una tècnica apropiada, amb un alt índex de fiabilitat per comprendre les possibilitats evolutives i dinàmiques d'un sistema donat.

L'evolució de tot sistema, com a ens complexa que és, dependrà, en principi, de les possibilitats evolutives que posseeixin els elements constituents d'aquest.

El fet de simular, així doncs, és fer "com si...", és a dir, poder arribar a *predir, preveure, anticipar-se* a les possibilitats dinàmiques del sistema. En realitat, la simulació no és més que una ficció de la qual aprofitarem la seva virtualitat i traurem conseqüències que ens puguin ser útils en l'acció real.

La ciència de sistemes dinàmiques ha ofert i ofereix, a partir de la simulació, múltiples coneixements sobre com va a comportar-se un sistema en la seva evolució temporal. L'economia, la meteorologia, la tecnologia de sistemes i la pròpia estratègia de la guerra tenen gran quantitat de simulacions realitzades en sistemes informàtics, en base a les quals els experts decideixen les accions a realitzar posteriorment.

En l'esport en general i en l'atletisme en particular, la simulació de sistemes aplicats prendrà cada dia més importància, tant en el terreny de l'entrenament i la seva organització, com en l'establiment del model ideal de les característiques físiques i tècniques de les especialitats atlètiques.

El fet de poder arribar a observar, a partir de les simulacions dinàmiques per ordinador, les conseqüències de

l'adaptació de l'organisme de l'atleta mitjançant l'estímul d'entrenament i els seus canvis condicionats per un altre tipus d'estímul, és realment atractiu.

Molt possiblement, el futur ens oferirà la creació de sistemes que puguin arribar a predir les conseqüències de les decisions que adopti l'entrenador en matèria d'entrenament.

Evidentment, el model tècnic —quan l'especialitat així ho requereixi— es pot beneficiar de la possibilitat de simular el model de resposta competitiva, així com també les seves variacions, sempre que es produeixin en els elements que componen el sistema.

En aquesta línia, hem situat el nostre treball en el qual ens hem aproximat a la simulació amb la pretensió de conèixer la longitud *probable* de llançament d'un llançador de pes, a partir de la tipificació d'una bateria específica de test de camp.

Com que es tracta d'esbrinar la longitud màxima a la qual pot aspirar un atleta, caldrà que parlem de la longitud amb major probabilitat de llançament per a un determinat atleta en un moment donat. Aquesta longitud serà el resultat de la simulació de la distància de llançament, amb la qual cosa aconseguirem un model de resposta de cara a la competició, en la qual es donen, sens dubte, les condicions reals a les quals s'enfronta el sistema.

Per a aquesta finalitat, s'ha creat un programa informàtic que facilita el càlcul automàtic dels esmentats factors.

A) Fonaments teòrics

Modelat de sistemes

La noció de model està íntimament lligada a la raó de representació entre una realitat original i la seva reproducció

denominada, a partir d'aleshores, model.

En realitat per simular, prèviament s'ha de modelar el sistema, és a dir, s'ha d'identificar els elements que el componen, així com també establir la seva estructura interna, que no és més la forma esquemàtica que presenta la interrelació entre els esmentats elements. Sembla doncs evident, que quan es parla de sistemes, el model resultarà una peça fonamental en la comprensió d'aquest, atès que representarà la seva virtual manera d'abstracció.

Per tant, tot model ha de ser construït pel propi investigador amb la intenció de transmetre la imatge que ell considera vertadera de la composició del sistema. Així, el model es constituïrà en una representació abstracta d'un sistema real o conceptual.

Des d'aquesta perspectiva, s'entén per model una representació d'un determinat aspecte de la realitat, en un llenguatge específic. El model és una representació és una representació d'alguna cosa —material o abstracte, real o normatiu—, a la qual cosa està lligat per una relació asimètrica —si M és un model de X , X no té perquè ser-ho de M (1).

Amb la qual cosa, podem admetre que la definició més simple de model, atenent al significat expressat, vindria a ser la següent: un objecte M és un model de X , per a un observador O , si O pot utilitzar M per respondre a qüestions que li interessin pel que fa a X . Es diu també que el model M és *representans* o representant, mentre que X és allò representat o el *representandum* (2).

La idea de model que preval, quan es fa referència a la qüestió de representació, és sinònima d'esbós, esquema i inclús maqueta, que constitueixen exemples de l'ús del significat al qual venim fent referència.



Diferenciació de models

Bertalanffy, com a biòleg i primer introductor del concepte en la teoria general de sistemes, considera que construir models materials pressuposa l'existència de *models teòrics* –construccions conceptuals– Segons ell, model teòric serà doncs una construcció conceptual que reflecteix clarament i esquemàticament certs aspectes d'un fenomen natural i que permet fer deduccions i prediccions comprovables (3). D'això es dedueix que la noció de model teòric té dos sentits: un ampli, que fa referència al fet de considerar tota teoria científica com a model conceptual, i un altre més estricte que tracte de veure en el model un concepte auxiliar per il·lustrar certes relacions i facilita la seva manipulació (4).

Nagel (5) aprofundeix més en la seva composició i aporta dos tipus més de models teòrics: els *models substantius* que tracten de cercar les relacions entre les parts o elements d'un sistema aconseguit amb parts similars d'un altre que s'investiga i els *models formals* que, tot tenint parts o elements diferents, amb ells s'intenta cercar semblances (lleis) entre les estructures formals.

Quant a les característiques més importants dels models teòrics Bertalanffy enuncia les següents: en primer lloc, el caràcter “com si” del model, en segon, el seu origen en una creació conceptual lliure que no pot derivar-se simplement dels fets experimentats i per últim, el seu caràcter no monopolista que permet l'ús de models alternatius en les explicacions científiques (6).

Des de la perspectiva de dinàmiques de sistemes, la tècnica de modelatge ha assolit una importància essencial. I en l'actualitat, podem dir que pràcticament està interpretada, l'esmentada dinàmica, per la modulació de sistemes, és a dir, en la creació de diagrames *causals* o d'*influències* i

diagrames de *Forrester*, aquests últims expressats en llenguatge *Dynamo*, que és un llenguatge de programació per facilitar l'aproximació d'Euler d'un sistema d'equacions diferencials de primer ordre.

Els diagrames causals, inspirats en la teoria de “grafos” intenten representar el valor de les influències, des d'una perspectiva causa-efecte de les diferents variables del sistema. Per descomptat, en certa manera, els diagrames causals no són altre cosa que un esbós esquemàtic de les esmentades relacions i d'aquesta manera, es manifesta l'estructura del sistema.

La primera cosa a concretar en l'intent de disseny d'un diagrama causal és l'elecció del tipus de variables que intervenen i influeixen en el desenvolupament del sistema. En aquest sentit, es considera oportú classificar (7) les variables en dos tipus: variables *endògenes* i variables *exògenes* (8).

Queda palès que un dels aspectes més interessants dels diagrames causals és que no contenen informació de tipus quantitatiu, més aviat podríem dir que contenen fonamentalment informació qualitativa d'influència causal, tal i com hem anat comentant.

Un dels majors avanços en dinàmica de sistemes ha estat possiblement l'aportació de Forrester (9) a través dels diagrames que porten el seu nom. Aquest autor va associar al diagrama d'influències una estructura funcional i va assignar a cadascun dels elements de què es compona el diagrama un tipus de variable concreta i a les quals va anomenar com: variables de *nivell* o d'*estat*, variables de *flux* i variables *auxiliars*.

La inspiració del diagrama de Forrester està freqüentment representada a través d'un símil hidrodinàmic d'un sistema d'actuacions sobre certes vàlvules que regulen els cabdals d'alimentació a cadascun dels di-

pòsits. Per a això, Forrester va incorporar, a cada una de les variables, una imatge representativa d'aquesta i amb això va aparèixer una simbologia característica dels models de sistemes representats a través d'ella.

Aplicació de la teoria de sistemes a l'estatut actual de la teoria de l'entrenament esportiu

Sembla que en l'actualitat el desenvolupament d'una teoria de l'entrenament esportiu passa per l'adopció de la teoria de sistemes com a base conceptual inclús com a nou principi. Sobre tot existeix una gran convergència entre les lleis que regeixen l'entrenament, la seva base de planificació i la concepció sistèmica de l'organització de l'entrenament.

Per a Boiko, l'organisme humà, i per extensió el de l'atleta, es pot concebre com un *sistema de motor funcional*, l'objectiu del qual és la producció d'un resultat motor específic (10).

Sembla clar avui en dia, que el desenvolupament i conservació de l'esmentat sistema no només depèn de la freqüència i de l'amplitud de l'aplicació dels estímuls d'entrenament, sinó al contrari, la majoria dels autors es decanten per un especialització dels continguts de l'entrenament, així com per la construcció d'un model d'entrenament extensiu.

Verchosanskij, per la seva part, ratifica les seves postures quan esmenta la gran importància, inclús decisiva, que posseeix el pas cap a l'exclusivitat de la preparació especial condicional de l'atleta i també, com no, a l'exigència de la construcció d'un model dels objectius de l'entrenament, si es parteix analíticament dels components que el constitueixen, així la construcció del model ha d'incloure les variacions que travessa la càrrega a partir dels paràmetres específics com la força inicial, ex-

plosiva, màxima, la resistència aeròbica, l'anaeròbica, la velocitat, etc. (11) Des d'aquesta presa de posició, Tschien destaca la necessitat de pensar en el sistema d'entrenament sota la idea de la unió dels elements que componen el sistema a partir d'una acció recíproca immediata. Per la qual cosa sí que exercim una possible influència sobre un dels elements, l'esmentada influència també pot ser patida per la resta d'ells.

Deixa doncs clar que l'estructura del sistema està constituïda pel tipus d'amplitud de les relacions que existeixen entre els elements d'aquest. En aquest sentit, aquesta definició s'adapta a l'anomenat *procés d'entrenament* i es fa equivalent a un *sistema d'entrenament*.

Com a finalitat de sistema destaca la intenció de dirigir el procés pedagògicament cap a l'increment i desenvolupament de la prestació esportiva. I, com a continguts, es proposen els següents: el plantejament del sistema de competició i d'entrenament, de l'estructura d'entrenament i el seu control en allò que fa referència als processos parcials de la càrrega física (condicional), tècnica, tàctica, psíquica, moral i intel·lectual (12).

B) Part empírica

En principi, el nostre esforç anirà encaminat cap a una concepció sistèmica basada en la simulació dels factors identificables que pensem que intervenen en el procés parcial condicional, relativa a la càrrega física i la seva incidència en l'efectivitat del llançament, és a dir, en el resultat esportiu.

Objectius del treball

- Definir a partir de tests de camp la capacitat condicional que té un

llançador de pes per aconseguir un rendiment mètric concret.

- Comprovar que els paràmetres que s'utilitzen actualment en el camp per mesurar la capacitat del llançament mantenen un relació lineal amb els resultats esperats.
- Establir els principis del model i descriure'l.
- Preparar el procediment per tal que aquest model sigui adaptable a altres especialitats atlètiques.
- Creació d'un programa informàtic que reproduïxi el model per a qualsevol individu i calculi la probabilitat que el protagonista aconsegueixi realitzar una marca concreta.

Fases de l'estudi

- Definició real del problema.
- Determinar els tests que habitualment s'utilitzen en el control de la preparació de l'atleta i decidir d'entre aquests quins mantenen una relació lineal amb el rendiment final, així com establir la magnitud avaliativa que correspongui a cada un d'ells.
- Realització dels tests a una població controlada per establir la relació entre els tests de camp i la distància llançada.
- Caracteritzar el llançament d'un individu a partir dels tests.

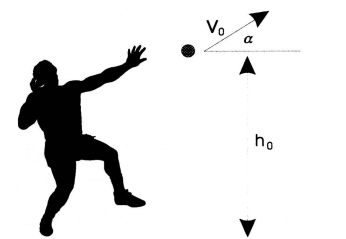


Figura 1

- Creació d'un programa informàtic que calculi automàticament els esmentats factors i que pugui ser en el futur extrapolable a altres modalitats atlètiques.
- Conclusions

Definició del problema

El problema queda definit de la següent manera:

- a) Es pretén saber la longitud *més probable* de llançament d'un llançador de pes a partir de la realització d'una bateria de tests de camp.
- b) Establir cadascun dels passos en què es subdivideix el problema i dissenyar el diagrama de Forrestes que li doni solució.

Hem afrontat l'esmentat problema de la següent manera:

- En primer lloc, identificant les variables més importants en el moment del llançament des d'una perspectiva purament dinàmica.
- A partir dels valors cinemàtics, en què s'inscriu la tècnica del llançament, així com, dels paràmetres aerodinàmics que intervenen en el vol de l'artefacte, observem que són tres els elements que condicionen, des del punt de vista de la física, el llançament de pes. Aquests són: *l'angle de sortida, la velocitat de sortida i l'alçada de llançament*.

Queda clar doncs, que en el moment en què l'atleta deixa de tenir contacte amb el pes han intervingut de manera sistèmica els tres aspectes mecànics descrits, que determinaran unívocament l'equació de la trajectòria del vol. (Veure figura 1)

Des del punt de vista de l'eficàcia, és evident que l'element més important i condicional és, sens dubte, la velocitat de sortida del pes de la mà del llançador, per tant, el nostre enfocament



ment basarà la seva estructura en aquest factor.

- Com es tracta d'esbrinar la longitud màxima a la qual pot aspirar l'atleta, haurem de parlar de corba de distribució de la probabilitat de llançament per a un atleta donat, en un moment determinat (sincrònic). Aquesta corba ens permetrà simular la distància d'un llançament amb la qual cosa aconseguirem un model de resposta de cara a la competició que és, sens dubte, el test per excel·lència.

Determinació dels tests i establiment de la magnitud corresponent

En desembre de 1993, amb motiu del cinquè curs de formació d'entrenadors d'atletisme patrocinat per la Junta de Castell-Lleó, Bosniak va proposar unes proves de control de les estructures del rendiment per a atletes llançadors, tant masculins com femenins, que s'agrupaven sota un model ideal de les característiques físiques i tècniques dels llançaments (13).

En el model es dissenyen una sèrie de tests per a cada modalitat, amb la finalitat de facilitar la direcció de l'entrenament per part de l'entrenador, ja que aquest tenia la possibilitat d'utilitzar una taula de referència amb què comparar els resultats de l'atleta propi amb els resultats aconsellats per l'alta competició.

S'exposa el cas del control tècnic amb un llançament complet amb 6 kilos, en què l'atleta llança 21.30 m, i també dos exercicis de control de la qualitat física que són el pectoral, en què es realitzen 240 kilos d'aixecament i l'*squat* per davant, en el qual s'aconsegueixen 230 m, que tot i ser resultats bastant alts, han de proporcionar una distància—segons la taula—de 22.50 m. Per tant, s'observa un

desfasament de qualitat entre el llançament real i les possibilitats teòriques del model expressat en la taula de referència.

Amb això, es conclou que l'esmentat desfasament és ocasionat possiblement per una insuficient capacitat de velocitat-força per part de l'atleta, és a dir, l'índex de força resulta ser molt elevat i aquesta qualitat pot arribar a restar les possibilitats d'imprimir velocitat a l'artefacte, atès que l'atleta no posseeix el suficient nivell explosiu per aconseguir-lo.

En el cas especial dels llançadors/res de pes, Bosniak (14) proposa els següents índexs de control:

- Antropomètrics
 - talla
 - pes
 - envergadura
- Condició física
 - llançament de pes endavant (7.260 kg i 4 kg)
 - llançament de pes endarrera (7.260 kg i 4 kg)
 - salt de longitud amb els peus junts
 - triple parat
 - 30 m (sortida avançada)
 - pectoral
 - *squat* per davant
 - *halt* (=impuls)
 - salt vertical
- Tècnica
 - llançament complet control per a júnior (5 kg i 3 kg)
 - llançament complet (6 kg)
 - llançament parat (7.260 kg i 4 kg)

Prenent com a fil conductor aquestes premisses anteriors, hem elaborat una bateria de test, que segons la nostra opinió, és representativa dels índexs que hem considerat més relle-

vants per al nostre estudi. Aquests han estat els següents:

- salt vertical
- press banca
- esquat per darrera
- salt horitzontal peus junts
- triple salt parat
- llançament de pes enrera (7.260)
- llançament complet (7.260)

Salt vertical

Detente, també anomenat d'Abalakov, l'interès del qual radica fonamentalment en l'índex de força en la seva manifestació elásticoexplosiva del tren inferior (capacitat contràctil + sincronització + reclutament + elasticitat)

Realitzar a partir de la plataforma de contactes de tipus Bosco-Vittori, en què adquireix la forma de test anomenat *Counter Movement Jump* (CMJ), en el nostre cas sense sobrecàrrega.

La valoració de la magnitud es fa a partir de centímetres.

Press banca

Exercici bàsic per als llançadors de pes—treball pectoral—degut a l'alt índex de correlació que manté amb la capacitat de força del tren superior en la seva vessant de flexo-extensió dels braços, gest especial de la fase final de alliberació de l'artefacte.

Es realitza en la sala de musculació amb barra de 10 kg i discos de 2 a 15 kg. La valoració de la magnitud es fa a partir de kilos.

1/2 Squat

Exercici molt comú en la majoria de les especialitats atlètiques, ja que totes elles basen la qualitat dels impulsos a partir d'una prèvia flexo-extensió del tren inferior. Els grups mus-

	CMJ	PRESS	SQUAT	SPJ	TP	LA	LC
A1	54.71	74	100	232	682	670	722
A2	56.20	76	136	255	715	805	730
A3	51.96	60	116	263	820	811	791
A4	45.47	74	116	240	723	732	765
A5	61.46	124	180	285	810	1400	1360
A6	52.93	75	180	255	737	940	854
A7	57.70	55	135	290	858	840	850
A8	36	64	80	227	706	626	682

Taula 1

culars de les cames representen les contraccions més fortes, atès que les seves masses són les més grans de l'organisme. La inclusió de la variant de la presa per darrera només obeeix a requeriments d'una major estabilitat per als individus testats. Test molt apropiat per valorar la força màxima dinàmica.

Es realitza en la sala de musculació amb barra de 10 kg i discos de 2 a 15 kg. La valoració de la magnitud es fa a partir de kilòs.

Salt horitzontal peus junts

És un exercici emblemàtic de la valoració de la força explosiva del tren inferior, a més d'incidir de manera clara en els aspectes coordinatius essencials per a la bona execució tècnica del llançament del pes.

Es realitza en el clot de salts. La valoració de la magnitud es fa a partir de centímetres.

Triple salt de parat

La major virtut del triple salt és la possibilitat de valorar la capacitat de força elásticoexplosiva que manté el tren inferior del l'atleta. Es realitza en

el clot de salts. La valoració de la magnitud es fa a partir de centímetres.

Llançament del pes enrera

Aquest exercici col·labora de manera decisiva al principi mecànic de coordinació d'impulsos parcials, aspecte tan important en la correcta execució tècnica del llançament del pes.

Es realitza en el cercle de llançament amb el pes oficial sènior de 7.260 kg. La valoració de la magnitud es fa a partir de centímetres.

Llançament complet

Test real d'eficàcia en el rendiment del llançament. Es realitza en el cercle de llançament amb el pes oficial sènior de 7.260 kg. La valoració de la magnitud es fa a partir de centímetres.

Realització dels tests a una població controlada

La bateria de test ha estat passada a 8 alumnes de sexe masculí de 4t i 5è curs de carrera —especialitat d'atletisme— de Llicenciatura en Ciències de l'Educació Física i l'Esport en l'INEFC de Lleida.

Els resultats han estat els que apareixen a la taula 1.

Caracterització dels llançaments a partir dels tests

Resulta molt agosarat pretendre fer una simulació en l'àmbit del gest esportiu i potser excessivament agosarat intentar la realització pràctica d'un model electrònic.

Malgrat això, d'una manera o altra fan falta models de referència com els d'aquests cas, on s'incorpora un model informàtic que pot generar propostes a partir d'una sèrie de dades introduïdes en el sistema.

Aquestes propostes van dirigides a comparar els resultats finals previstos en un llançament de pes a partir de:

Per una banda: un col·lectiu d'individus que s'han considerat com a homogeni (considerant que homogeni és un adjectiu que no aporta gran resolució en la precisió de la mostra).

Per altra banda: uns tests executats pel llançador.

El programa incorpora un model que es pot modificar de manera dinàmica (és a dir, a mesura que incorporem els resultats dels tests d'altres subjectes estem variant el comportament del model).

Per poder aproximar-nos a un model, s'han estudiat algunes tècniques de modelització que han aportat punts de vista interessants per a aquesta i altres situacions del món de l'activitat física i l'esport. Les tècniques utilitzades han estat les següents:

Simulació de sistemes dinàmics des del punt de vista més clàssic, descrit per Aracil (15), amb la creació dels diagrames de Forrester que ens permeten descriure els problemes a partir dels fluxos materials o d'informació que intervenen en els diferents punts del sistema. Aquest mètode proporciona molts bons resultats per

a una visió del problema molt més complexa d'allò que en un principi es va pretendre, ja que aquest mètode és molt sensible a variacions de tipus temporal i a realimentacions constants de fluxos.

Estructures matemàtiques de màquines d'estats (llenguatges, gramàtiques o models abstractes de càlcul): aquest mètode és el que utilitza P. Parlebas en *Modelitzation du jeu sportif: le systeme des scores du volei-ball (Recueil d'articles publiés dans Mathematiques et sciences Humaines 1972-1986 du centre d'analyse et de mathematiques sociales)*. Aquest mètode s'ajusta a tot tipus de funcions matemàtica i a algorismes, ja que qualsevol algorisme o funció matemàtica té una màquina de Turing que resol l'esmentat algorisme o funció (Felipe Cuker, *Lenguajes, gramáticas y autómatas*, UPB, 1992). Aquest mètode va ajudar en un principi a veure com havia de desenrotllar-se el problema i va marcar les pautes de solució que s'han utilitzat.

Lògica difusa (fuzzy) i xarxes neuronals: aquests mètodes s'utilitzen principalment en dos àmbits del càlcul. El primer permet que sistemes informàtics siguin susceptibles d'interpretar valoracions una mica subjectives (una mica menys, més a dalt, no tan a la dreta...). El segon, en canvi, s'utilitza com a sistema sensible a unes normes que es puguin aprendre.

Aquests dos sistemes semblen pensats per solucionar problemes on entri en joc l'estratègia.

un cop experimentades aquestes tècniques de simulació, el treball ens va conduir cap a un model estadístic conegut i ben experimentat com és el de la regressió múltiple.

Aquest model estadístic calcula quina és la recta de regressió en un espai n-dimensional (n-1 variables inde-

pendents sobre 1 que depèn de les altres) i avalua els valors que pot prendre la recta per a unes coordenades concretes (o per a qualsevol figura n-dimensional en aquest espai).

L'avaluació en un punt de l'espai n-dimensional en concret permet especular sobre com serà el valor que podria prendre (com a més probabilitat) la variable dependent..., però en el cas de les hiperfigures en l'espai, es pot avaluar el valor per a una certa població, o bé, per a un determinat comportament manifestat amb algunes variables simultàniament. La proximitat entre les variables també es pot representar mitjançant el càlcul estadístic de les proximitats entre el comportament de les variables preses dues a dues.

El programa informàtic segueix el procés descrit en el paràgraf exposat anteriorment sobre les variables Salt vertical, Salt triple, Press Banca, Llança-

ment Cap, *Squat* per darrera, Salt horitzontal peus junts (veure figura 2).

Per tant, en primera instància, podem calcular les proximitats del comportament entre les variables dels tests (CMJ, PRESS, SQUAT, SPJ, TP, LA) i la variable que volem aproximar a les altres (longitud del llançament de pes = distància) mitjançant el càlcul de la mitjana, la desviació típica i la recta de la regressió (que veurem per pantalla si és estadísticament significativa) (veure figura 3).

Fa falta, si més no, introduir en un fitxer els valors de les mesures preses en una determinada població (queda clar que en cada fitxer s'han de posar les mesures preses en un col·lectiu que a partir de determinats criteris es considerin homogenis: una certa categoria, els llançaments d'un sol individu, els test de població d'elit, etc.).

Figura 2

Estadístics				
VARIABLE:	núm.	mitjana	desv. tip.	recta de regressió
Salt Vertical:	9	2.54	0.04	
Salt TRIPLE:	9	7.60	0.33	$y = 1.70x - 6.11$
Press Banca:	11	50.85	46.64	$y = 0.20x + 45.59$
Llançament CAP:	9	8.67	4.71	$y = 0.86x + 0.37$
Squat per darrera:	1	125.00	0.00	
Salt horitzontal peus junts:	11	10.18	18.51	

Figura 3

Una vegada es disposa de les mesures introduïdes en l'ordinador, es pot començar a calcular algunes de les mesures per a un atleta en concret, o bé, intentar observar com es modifica el sistema quan es varia un paràmetre. Per realitzar aquests experiments, cal que tots els valors menys la distància llançada hagin estat introduïts en el llistat de variables. Aleshores, tindrem una aproximació a la distància que pot llançar un individu que hagi realitzat uns valors dels tests i que es continguin en les variables. Hem cregut convenient poder avaluar totes les variables una a una perquè d'aquesta manera tot atleta pot marcar-se uns objectius i cercar quina és la variable amb què, amb menor esforç, es pot aconseguir un augment més significatiu del rendiment final, és a dir, de la distància possible de llançament.

Conclusions

La dinàmica de sistemes se'ns presenta com una nova orientació per fer evident l'equivalència entre procés d'entrenament i sistema d'entrenament com a

principi a partir del qual es pugui avançar en la comprensió dels factors que incideixen en la consecució dels objectius.

Sembla ser que avui existeix una tendència molt marcada cap a la introducció de la teoria de sistemes com a nou paradigma en diferents àrees del coneixement, la pretensió de les quals no és cap altra que la d'establir les lleis que regeixen les relacions entre els elements en interacció en sistemes amb múltiples variables i de gran complexitat.

Segons la nostra opinió, aquest paradigma és perfectament aplicable a la comprensió de l'esmentat *sistema d'entrenament*. La nostra aportació intenta resoldre una petita incògnita del problema, simulant les possibilitats de distància assolida en funció de les variables mediàtiques.

Som conscients que la magnitud del problema és enorme, però al mateix temps és estimulante i que, amb el simple fet de formular el plantejament avancem cap a noves perspectives de futur.

El programa elaborat pot oferir aplicacions útils als entrenadors, tot i que és

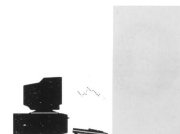
evidentment perfectible i per suposat queda pendent la possibilitat de verificació pràctica que, en conseqüència, caldrà establir. La incorporació d'aquesta experiència a altres esports és clara, sobre tot des del punt de vista de l'extrapolació del mateix mètode estadístic a altres especialitats atlètiques i inclús a altres esports individuals.

Pensem que el treball realitzat prèviament fins a arribar a aquest tipus de simulador, ens ha portat a establir les bases d'altres sistemes més complexes (procés d'entrenament, aplicació a la tàctica dels jocs i esports col·lectius, etc.) i possiblement a aplicar en el futur tècniques utilitzades en altres camps de la ciència que rarament s'han introduït com a matèria en les anomenades *ciències de l'esport*: fem referència concreta a la intel·ligència artificial i a la lògica difusa.

Per això intuïm que la modulació de sistemes pot convertir-se en una eina interessant per preveure el comportament del resultat esportiu i assessorar sobre les mesures que s'han d'adoptar per modificar-lo, si més no, sempre al mateix nivell que els altres sabers especulatiu d'aquest estil.

Notes

1. ARACIL, J: *Máquinas, sistemas y modelos*. Madrid, Tecnos, 1986, p. 123.
2. ARACIL, J: *Máquinas, sistemas y modelos*. Cit., p. 123.
3. BERTALANFFY, L.W: *Perspectivas en la teoría general de sistemas*. Madrid, Alianza, 1981, p. 95.
4. BERTALANFFY, L.V: *Perspectivas en la teoría general de sistemas*. Cit., p. 95.
5. Citat per Bertalanffy a *Perspectivas en la teoría general de sistemas*. Cit., p. 95
6. *Perspectivas en la teoría general de sistemas*. Cit., p. 96.
7. ARACIL, J: *Introducción a la dinámica de sistemas*. Madrid, Alianza Universidad Textos, 1986, p. 45.



8. En aquest aspecte, s'ha de fer referència al fet que en la formulació del sistema, la consecució dels elements endògens sigui una conseqüència de la delimitació dels elements essencials que considerem en el propi sistema.
9. Aquests diagrames són formulats en llenguatge concret de programació, anomenat *dynamo*, pel qual en ocasions també s'acostumen a anomenar a aquests diagrames com a diagrames *dynamo*. Veure les obres següents: FORRESTER, J.W: *Principles of Systems*. Wrigt-Allen Press, 1968; FORRESTER, J.W: *Urban Dynamics*. M.I.T Press, 1969; FORRESTER, J.W: *World Dynamics*. Wrigt-Allen Press, 1971; FORRESTER, J.W. / MASS, N.J. / RYAN, C.J: "The System Dynamics National Model; understanding Social-Economic behaviour and policy alternatives". Memorandum D-2248-1, System Dynamics Group, M.I.T, 1975.
10. BOIKO, V: "Lo sviluppo finalizzato della capacità motoria dell'atleta". Moscú, 1987. Traducció russa citada per TCHIENE, P: "Lo statuto attuale della teoria dell'allenamento". *Rivista di Cultura Sportiva/SDS*, núm. 9, Setembre 1990, p. 43.
11. VERCHOSANSKIJ, J: *Programmazione de organizzazione del processo di allenamento*. Citat per TSCIENE, P: "Lo statuto attuale

della teoria dell'allenamento". *Rivista di Cultura Sportiva/SDS*, núm. 9, Setembre 1990, p.43.

12. TSCIENE, P: "El sistema de entrenamiento". *RSD*, V.1, núm. 4-5, 1987, p.3
13. BOSNIAK, V: "Lanzamientos". *Tecnica Atlético, Atletismo Español*. Abril, 1995, pp. 38-43.
14. BOSNIAK, V: "Lanzamientos". Cit, p.38.
15. Seguint l'argumentació sobre dinàmica de sistemes expressada per ARACIL, J: *Introducción a la dinámica de sistemas*. Madrid, Alianza Universidad Textos, 1986.

Bibliografia

- ARACIL, J: *Introducción a la dinámica de sistemas*. Madrid, Alianza Universidad Textos, 1986.
- ARACIL, J: *Máquinas, sistemas y modelos*. Madrid, Tecnos, 1986.
- BERTALANFFY, L.V: *Perspectivas en la teoría general de sistemas*. Madrid, Alianza, 1981.
- BOIKO, V: "Lo sviluppo finalizzato della capacità motoria dell'atleta". Moscú, 1987. Traducció russa citada per Tschiene, P: "Lo statuto attuale della teoria dell'allenamento". *Rivista*

di Cultura Sportiva/SDS, núm. 9, Setembre 1990.

BOSNIAK, V: "Lanzamientos". *Tecnica Atlético, Atletismo Español*. Abril, 1995, pp. 38-43.

CUCKER, F.: *Lenguajes, gramáticas y autómatas*. Barcelona, UPB 1992.

FORRESTER, J.W. / MASS, N.J. / RYAN, C.J: "The System Dynamics National Model; understanding Social-Economic behaviour and policy alternatives". *Memorandum D-2248-1*, System Dynamics Group, M.I.T, 1975.

FORRESTER, J.W: *Principles of Systems*. Wrigt-Allen Press, 1968.

FORRESTER, J.W: *Urban Dynamics*. M.I.T Press, 1969.

FORRESTER, J.W: *World Dynamics*. Wrigt-Allen Press, 1971.

TSCIENE, P: "El sistema de entrenamiento". *RSD*, V.1, núm. 4-5, 1987.

VERCHOSANSKIJ, J: *Programmazione de organizzazione del processo di allenamento*. Citat per Tschiene, P: "Lo statuto attuale della teoria dell'allenamento". *Rivista di Cultura Sportiva /SDS*, núm. 9, Setembre 1990.