Model AP-SBW

# ap.sbw.r

**Procés:**

1. Load arguments: funcions, dades, landscape
2. Data preparation:

* params vs custom.params,
* climàtic projections
* Tracking of

1. Simulations: irun

* Initial land, phase, Distribution track
* tstep
* Update climate
* Update suitability -> suitability.r

1. SBW module: -> sbw.outbreak.r

* Actualitzar kill.cells, land.sbw, phase
* Actualitzar tracking.df: sbw.defol.intens; sbw.defol.kill
* Modify land

1. Harvest area -> harvest.area.r

* tracking cut
* Modify land

1. Artificial planting -> artificial.planting.r

* tracking ap
* modify land

1. Forest transition:

4.1. After harvesting -> forest.transition(forest.type=C)

4.2. after sbw -> forest.transition(forest.type=O)

4.3. after succession -> forest.transition(forest.type=S)

- Update land: spp, age, tscomp

- Tracking and spatial outs: age classes, suitability, track.change, track.spp

- Save and clean

End tstep & irun

1. Finalization

**Functions:**

ap.sbw.r

suitability.r

sbw.outbreak.r

sbw.spread.from.source.r

intens.def.curr.r

intensity.defoliatoin.r

forest.mortality.r

harvest.area.r

artificial.planting.r

forest.transition.r

buffer.r

# suitability.r

La funció `suitability` determina la idoneïtat ambiental dels rodals forestals segons tres factors principals: temperatura, precipitació i tipus de sòl. Aquesta idoneïtat es calcula per espècie, i els valors finals es basen en la idoneïtat mínima entre els factors climàtics i el sòl.

**Inputs**

* land: Un data frame que representa el paisatge, amb registres per cada cel·la forestal.
* params: Una llista de paràmetres del model, com ara la taxa de suboptimització climàtica.
* tbls: Una llista de taules predefinides que inclouen les taules de temperatura, precipitació i idoneïtat del sòl per espècie.

**Procés**

1. Espècies potencials: S'identifiquen les espècies potencials del paisatge, incloent-ne aquelles amb noms de tres lletres i altres espècies genèriques ("OTH").

2. Càlcul d'idoneïtat per sòl i clima: Per cada espècie potencial, es comparen els valors de temperatura, precipitació i tipus de sòl de cada cel·la amb llindars predefinits en les taules d'idoneïtat.

- Idoneïtat climàtica: La idoneïtat climàtica es calcula en funció de la temperatura i la precipitació, classificant aquests factors en intervals de subòptims i òptims.

- Idoneïtat del sòl: Es compara el tipus de sòl de cada cel·la amb valors predefinits per determinar la seva adequació.

3. Combinar resultats: La idoneïtat final es determina agafant el valor mínim entre la idoneïtat climàtica i la del sòl.

4. Actualització per altres grups d'espècies: S’actualitzen els valors d'idoneïtat per grups d'espècies genèriques ("other") o espècies no forestals ("NonFor").

**Sortida**

La funció retorna un data frame amb:

- cell.id: Identificador de cada cel·la del paisatge.

- potential.spp: Espècie potencial en cada cel·la.

- suit.soil: Idoneïtat del sòl per a cada espècie.

- suit.clim: Idoneïtat climàtica per a cada espècie.

# harvest.area.r

Aquesta funció `harvest.area` selecciona cells per dur a terme tales clares (clear cuts) basant-se en la unitat de gestió forestal, l'edat de les espècies, i la taxa de tall (harvesting rate) predefinida en els paràmetres. També permet definir si es permeten tales prematures, afegint així flexibilitat a la gestió.

**Inputs**

* land: Un data frame del paisatge forestal amb registres per cada unitat forestal. Cada fila conté informació d'una cel·la del bosc, incloent-hi l'espècie present, l'edat i la unitat de gestió associada.
* params: Una llista de paràmetres del model que pot incloure la taxa de tala (\*harv.rate\*) i altres paràmetres que poden modificar el comportament de la funció.
* is.harvprem: Un indicador (booleà) que determina si es permet la tala prematura d'arbres, és a dir, abans que arribin a la seva edat de maduresa.

**Procés**

1. Filtrar les unitats de gestió:
   1. Es crea un subconjunt del data frame original `land`, excloent les cells que no formen part d'unitats de gestió o que corresponen a l'ús de terres "AGNA" (terres agrícoles o no forestals) i espècies no forestals ("NonFor"). Aquest subconjunt, anomenat `land2`, inclou només cells gestionables.
   2. Les unitats de gestió restants es llisten a partir de les cells de `land2` i es filtra la unitat "AGNA", ja que no està gestionada.
2. Seleccionar cells susceptibles a tala:
   1. Es seleccionen les cells que són aptes per ser talades basant-se en l'edat de les espècies i altres criteris. Si `is.harvprem` està activat, també es permeten espècies que tenen una edat superior a 20 anys per sota de l’edat de maduresa. Si `is.harvprem` és fals, només es consideren les espècies que han superat l'edat de maduresa.
   2. Aquestes cells gestionables, anomenades `land.inc`, representen les zones candidates per a la tala segons l’edat i la unitat de gestió.
3. Determinar el nombre de cells a tallar:
   1. Es crea un altre subconjunt (`land.num`) que conté totes les cells amb espècies forestals, sense importar l’edat, per poder calcular el nombre total de cells que haurien de ser talades segons la taxa de tala (\code{harv.rate}) especificada en els paràmetres.
   2. El nombre de cells a tallar es calcula com un percentatge del nombre total de cells forestals.
4. Selecció de cells per la tala:
   1. Si el nombre de cells potencialment talades és més gran o igual al nombre de cells que s'han de talar, es procedeix a la selecció d'aquestes cells dins de cada unitat de gestió.
   2. La selecció es fa de manera proporcional a la grandària de cada unitat de gestió, distribuint les tales de manera equitativa entre les unitats segons el nombre de cells disponibles en cadascuna. Les cells talades es guarden en el vector `cc.cells`, que conté els identificadors de les cells talades.

5. Sortida: La funció retorna un objecte `selection`, que conté informació sobre les cells seleccionades per a la tala.

**Sortida:** La funció retorna el següent: `cc.cells`: Un vector que conté els identificadors (`cell.id`) de les cells seleccionades per ser talades. `selection`: Un data frame amb la informació de les cells seleccionades.

# artificial.planting.r

Aquesta funció, `artificial.planting`, s’utilitza per determinar quina nova espècie serà plantada en una cel·la (o parcel·la) d’un paisatge forestal després d'un esdeveniment com una tala o una mort massiva (p.ex., causada per insectes defoliadors). Està basada en transicions forestals i té en compte diferents factors com la probabilitat de regeneració d’espècies, la seva adaptabilitat climàtica i les condicions del sòl.

**Inputs**

* land: Un data frame que representa el paisatge forestal, on cada fila conté registres d’una unitat del bosc (stand).
* target.cells: Un vector amb els identificadors de cells (codis \code{cell.id}) en les quals es pot produir un canvi en la composició d’espècies després d’un esdeveniment disruptiu.
* suitab: Un data frame amb informació sobre la idoneïtat climàtica i del sòl per a les espècies potencials a cada cel·la del bosc. Aquest és el resultat d’una funció anomenada `suitability()`, que calcula aquestes idoneïtats.
* params: Un conjunt de paràmetres que inclouen, entre altres, la taxa de plantació artificial (\code{ap.rate}) i les probabilitats de regeneració d'espècies com EPN (\code{epn.rege.rate}) i PET (\code{pet.rege.rate}).

**Procés**

1. Comprovació inicial: Si el vector de cells objectiu (`target.cells`) està buit, la funció retorna un vector buit i no continua.
2. Selecció de cells per a plantació artificial: S'escullen algunes cells de les identificades com a candidates segons la taxa de plantació artificial definida pel paràmetre \code{ap.rate}. Aquestes cells formen el grup `ap.target.cells`, mentre que les cells no seleccionades es marquen com a `no.ap.cells`.
3. Càlcul de probabilitats de regeneració: Es crea un data frame, `prob.reg`, que conté la probabilitat de transició d'espècies per cada espècie potencial. Per cada espècie present en el bosc, es calculen les probabilitats de regeneració cap a les espècies EPN i PET utilitzant els paràmetres definits.
4. Combinació de probabilitats i idoneïtat:
   1. Es filtra el paisatge `land` per seleccionar només les cells de `ap.target.cells`. Aquestes cells s'uneixen amb el data frame `prob.reg`, afegint-hi la probabilitat de transició de l'espècie original cap a les espècies potencials.
   2. Posteriorment, també s’hi afegeixen les dades d’idoneïtat climàtica i del sòl per a les espècies potencials provinents del data frame `suitab`.
   3. Si una espècie potencial coincideix amb l'espècie ja present en una cel·la, s’assumeix que les condicions del sòl són òptimes i la idoneïtat del sòl s'estableix a 1.
5. Càlcul de la probabilitat final:
   1. Es calcula la probabilitat final de transició per a cada cel·la i cada espècie potencial, tenint en compte la probabilitat de transició i els valors d’idoneïtat climàtica i del sòl.
   2. Les dades es reorganitzen de manera que hi hagi una columna per a cada espècie potencial, amb la probabilitat de transició corresponent.
6. Selecció d’una nova espècie: Per a cada cel·la, es selecciona una nova espècie de manera aleatòria segons les probabilitats calculades. Si la suma de probabilitats és zero, l'espècie actual es manté.
7. Assignació de les noves espècies: Les noves espècies seleccionades s'assignen a les cells corresponents, substituint o mantenint les espècies originals segons el resultat del procés.

**Sortida:** La funció retorna el data frame `subland`, que conté les cells de `ap.target.cells` amb una columna addicional que especifica el nom de la nova espècie plantada en cada cel·la.

# forest.transition.r

**Explicació general**

La funció `forest.transition` simula la transició o regeneració de les espècies en una parcel·la forestal en resposta a diversos tipus de pertorbacions (incendis, brots, tala, o successió natural). A partir de les dades sobre l’estat actual del paisatge forestal i les condicions climàtiques i de sòl, la funció determina quina espècie podria colonitzar una parcel·la en funció de la probabilitat de transició i altres criteris com la presència de veïns i la persistència de les espècies actuals.

**Inputs**

- `land`: un data frame que conté registres de parcells forestals (amb columnes com l'id de parcel·la, espècies actuals, edat del bosc, etc.).

- `target.cell.ids`: un vector amb els `cell.id` de les parcells on podria canviar la composició de les espècies.

- `suitab`: un data frame amb la idoneïtat climàtica i de sòl per a les espècies colonitzadores potencials, resultat de la funció `suitability()`.

- `params`: una llista de paràmetres del model (pot ser generada per la funció `default.params()`).

- `tbls`: una llista de taules d'entrada per defecte o personalitzades que inclouen, entre altres, probabilitats de colonització, regeneració post-incendi o brot, etc.

- `type.trans`: un caràcter que indica el tipus de transició: "B" per incendi, "O" per brot, "C" per tala, "S" per successió natural.

**Procés (pas a pas)**

1. Comprovació d'inputs: Si el vector de parcells `target.cell.ids` està buit, la funció retorna un vector buit.

2. Carrega de taules d'entrada: Es carreguen les taules que contenen les probabilitats de regeneració i transició en funció del tipus de pertorbació:

- `spp.colonize.persist`: per colonització i persistència.

- `post.sbw.reg`: per regeneració després d'un brot.

- `post.harvest.reg`: per regeneració després de la tala.

- `forest.succ`: per successió natural.

3. Assignació de probabilitats de regeneració: Segons el tipus de transició (`type.trans`), s'assigna la taula de probabilitats adequada a la variable `prob.reg`.

4. Càlcul del buffer de veïns: La funció `**buffer.mig()**` calcula les parcells veïnes dins d'un radi al voltant de les parcells objectiu, per determinar si les espècies potencials són presents a la zona.

5. Filtre de parcells objectiu: Es crea un sub-data frame amb les parcells objectiu, que inclou les espècies actuals (`current.spp`).

6. Unions de dades:

- S'uneix `subland` amb la taula de probabilitats de transició (`prob.reg`), la informació del buffer i les dades de idoneïtat climàtica i de sòl (`suitab`).

- Es normalitza la idoneïtat climàtica i de sòl per a espècies com "OTH" i "NonFor" (assumint que són adequades per algun membre del grup d’espècies).

7. Ajustos de probabilitats especials:

- Tala (type.trans == "C"): Es modifica la probabilitat per a espècies com EPN o SAB perquè es transformin en PET després d’una tala, en funció d'un paràmetre de percentatge (`params$enfeuil`).

- Incendi (type.trans == "B"): Si una parcel·la ha estat cremada i és massa jove, es redueix la probabilitat de regeneració d’espècies com EPN.

8. Persistència d'espècies: Les espècies que estan presents tenen una probabilitat d’autoreemplaçament (persistència) fins i tot en condicions climàtiques subòptimes, ajustant així la idoneïtat climàtica a un nivell mínim.

9. Càlcul de la probabilitat de transició final: La probabilitat final (`p`) es calcula multiplicant la probabilitat de transició (`ptrans`), la presència de veïns (`press.buffer`), i les idoneïtats climàtiques i de sòl.

10. Reshape de les dades: Les dades es reorganitzen perquè cada parcel·la tingui una columna amb la probabilitat associada a cada espècie potencial.

11. Selecció d'una nova espècie: Es fa una selecció probabilística d'una nova espècie per a cada parcel·la en funció de les probabilitats calculades. Si cap espècie potencial no té probabilitat, l’espècie actual es manté.

12. Tractament d'espècies "OTH": Si la nova espècie és "OTH", es busca assignar una espècie concreta dins aquest grup en funció de la proximitat de parcells veïnes.

**Sortida**

La funció retorna un vector amb els noms de les noves espècies assignades a cada parcel·la objectiu, mantenint l’espècie actual en cas que no hi hagi cap transició potencial.

# buffer.mid.r

La funció `buffer.mig` determina si hi ha suficients poblacions font de diverses espècies en un radi de distància al voltant de cells objectiu en un paisatge, per tal d'avaluar la possibilitat de colonització d'aquestes cells.

A grans trets, aquí tens un resum de com funciona la funció:

**1. Paràmetres d'entrada:**

- `land`: un dataframe que conté informació sobre el paisatge, amb una fila per cada cel·la del bosc, que inclou informació com l'espècie, l'edat i la composició.

- `target.cell.ids`: un vector amb els identificadors de cells (cell IDs) on es vol avaluar la colonització.

- `tbls`: un conjunt de taules d'entrada que contenen, entre d'altres, les distàncies màximes de colonització per a cada espècie i el nombre mínim de fonts requerides per la colonització.

**2. Procés de càlcul:**

- S'extreuen les coordenades de les cells objectiu (`target.cell.ids`) del paisatge (`land`).

- Es defineixen les cells que tenen poblacions font de cada espècie, és a dir, les cells que tenen una espècie específica amb una edat mínima de 50 anys i una composició de bosc també del 50%.

- Per a cada espècie (PET, BOJ, ERS, SAB, EPN), es calcula si hi ha un nombre suficient de cells font dins el radi de colonització per a cadascuna de les cells objectiu.

- Això es fa utilitzant la funció `nn2`, que cerca els veïns més propers de les cells font en relació amb les cells objectiu, i comprova si la distància a aquestes fonts està dins del radi de colonització especificat.

**3. Sortida:**

- La funció retorna un dataframe que conté:

- El `cell.id` de les cells objectiu.

- Una columna per cada espècie (PET, BOJ, ERS, SAB, EPN), indicant si hi ha suficients fonts properes (TRUE/FALSE).

- Les categories "OTH" i "NonFor" es configuren com a TRUE (que podrien indicar altres espècies o cells no forestals).

En resum, la funció avalua si una cel·la pot ser colonitzada per una espècie en funció de la proximitat a fonts de poblacions d'aquesta espècie i el nombre mínim requerit per la colonització.

# sbw.outbreak.r

La funció sbw.outbreak modela les diferents fases d'un brot de l'escarabat SBW (Spruce Budworm) dins d'un paisatge forestal, gestionat en un objecte land. Les fases que inclou són pre-epidèmica, epidèmica, de col·lapse i de calma, amb ajustaments en funció de paràmetres climàtics, edàfics i espècimens propensos.

**Dades d'entrada**

Les primeres línies de la funció carreguen i configuren les dades que necessitem per simular el brot. Això inclou:

- landscape: el paisatge forestal sobre el qual es farà la simulació. Pot ser un mapa amb la distribució de les unitats forestals o les parcells afectades. Aquest paisatge s’emmagatzema com a matriu o array, on cada cel·la representa una àrea específica del paisatge.

- phase outbreak: la cronologia del brot que ja hem simulat o calculat prèviament. Aquesta variable conté la informació sobre quins anys s’han produït brots de la plaga en diferents regions del paisatge. Generalment és una matriu temporal on les files representen anys i les columnes són parcells o zones forestals.

- other inputs (climate, forest structure): factors externs com les condicions climàtiques i l'estructura forestal també poden ser importats o inicialitzats. Aquests inputs són necessaris per ajustar l’impacte que té el brot en funció d’aquests factors ambientals.

**Procés**

1. Defoliació segon la fase de SBW outbreak
   1. Preoutbreak (=pre-epidemic):
      1. potential\_source**:** Identifica les cèl·lules on pot començar un brot de la plaga en funció de ny.def0, tssbw, spp (només "SAB" i "EPN") i temp.
      2. epicenter**:** Selecciona aleatòriament entre 3 i 6 (6-preoutbreak) un valor determinat de cèl·lules d'epicentre a partir de potential\_source, amb probabilitat ponderada per ny.def0 i elevació.
      3. sbw.new.sprd**:** Inicialitza la variable amb les cèl·lules seleccionades com a epicentres.
      4. Per a cada epicentre, troba entre 20 i 40 veïns que siguin SAP o EPN i els afegeix a sbw.new.sprd.

neighs**:** Utilitza la funció nn2 per trobar veïns més propers basats en les coordenades x i y de les cèl·lules d'epicentre i a un nombre de veïns entre kmin.bubble i kmax.bubble.

Selecciona només SAP i EPN. N’escull entre 20 i 40 aleatòriament (assegurant que sempre n’hi hagi un mínim).

unique**:** Manté només les cèl·lules úniques en sbw.new.sprd per evitar duplicats.

* + 1. sbw.bubble.sprd.host**:** Filtra sbw.new.sprd per obtenir cèl·lules hoste que compleixin les condicions de defoliació, temps des del darrer brot, espècies (SAP or EPN), i temperatura.
    2. sbw.bubble.sprd.nonhost**:** Filtra sbw.new.sprd per obtenir cèl·lules no hoste (no SAP ni EPN ni NonFor) que compleixin les mateixes condicions.
    3. **Assignació d'intensitat:** Assigna valors d'intensitat de defoliació a les cèl·lules hoste (entre 0 i 3) i no hoste (entre 0 i 1) de manera diferent, on 0 significa no defoliació i 3 alta defoliació.
  1. Outbreak (=epidemic)
     1. radius**:** Calcula un radi aleatori per a l'expansió de l'epidèmia, basant-se en un valor mitjà (params$radius.outbreak.mid) i un rang de variabilitat (params$radius.outbreak.range). Assegura que el radi sigui almenys 1.
     2. sbw.new.sprd**:** Crida la funció sbw.spread.from.source per calcular l'expansió de la plaga a partir de les cèl·lules d'epicentre. Aquesta funció retorna les cèl·lules afectades (cell.ids) a partir de les condicions de vent (wind\_dir) i el radi calculat.
     3. sbw.new.sprd$effective\_spread**:** Assigna un valor booleà a cada cèl·lula de sbw.new.sprd, indicant si la propagació és efectiva (basat en la probabilitat de propagació spread\_potential\_multi).
     4. Assignació despread.weight.multi**:** Actualitza el dataframe land amb el pes de propagació final\_w\_multi per a les cèl·lules que han estat marcades com a target en sbw.new.sprd.
     5. if(nrow(sbw.new.sprd)>0)**:** Comprova si hi ha noves cèl·lules afectades per la plaga.
     6. **Assignació d'intensitat de defoliació** Assigna valors d'intensitat de defoliació a les cèl·lules hoste (entre 0 i 3) i no hoste (entre 1 i 2) de manera diferent.
  2. Collapse:
     1. potential: Filtra el dataframe `land` per identificar cèl·lules potencials per a un nou brot, basant-se en les següents condicions:
     2. sbw.new.sprd: Selecciona aleatòriament cèl·lules de `potential$cell.id`, amb una mida determinada per una distribució max(2,round(rlnorm(1, log(6), 0.5))). Utilitza la probabilitat proporcional a `potential$ny.def0` ajustada per l'elevació (`potential$elev`).
     3. **Assignació d'intensitat**: Assigna un nivell d'intensitat de defoliació (0, 1 o 2) a les cèl·lules recents integrades (`sbw.new.sprd`), amb probabilitats especificades (0.5 per 0, 0.3 per 1, 0.2 per 2).
  3. Calm
     1. potential: Filtra el dataframe land per identificar cèl·lules potencials per a una defoliació espontània, aplicant les mateixes condicions que en etapes anteriors:
     2. sbw.new.sprd: Selecciona aleatòriament cèl·lules de potential$cell.id, amb una mida determinada per una distribució max(2,round(rlnorm(1, log(6), 0.5))). Utilitza la probabilitat proporcional a potential$ny.def0 ajustada per l'elevació (potential$elev).
     3. **Assignació d'intensitat**: Assigna un nivell d'intensitat de defoliació (0, 1 o 2) a les cèl·lules recentment seleccionades (sbw.new.sprd), amb probabilitats especificades.

1. Actualitzar SBW tracking per les celles defoliades
   * 1. ny.def: Si la cell no té defoliació actual, es marca amb 0; si en té, es marca amb 1.
     2. ny.def0: Si la cell ha estat defoliada, es reinicia a 0; si no, s'incrementa el nombre d'anys sense defoliació.
     3. cum.intens.def: S'actualitza el valor de la intensitat acumulada de defoliació amb la intensitat actual de la cell.
2. Actualitzar el nivell d’intensitat de defoliació de les celles ja defoliades
   * 1. Selecciona cèl·lules amb ny.def0 < 5 (recents defoliades), tssbw >= 30 i ny.def <= 18 (defoliació contínua no superior a 18 anys). No inclou les noves cèl·lules defoliades.
     2. Assigna la intensitat actual de defoliació amb la funció intens.def.curr.
     3. Actualitza les variables de seguiment: si hi ha defoliació, incrementa el nombre d'anys consecutius de defoliació i reinicia el comptador de "no defoliació".
3. Aturar la defoliació a celles defoliades més de 18 seguits

Identifica cèl·lules que han estat defoliades durant més de 18 anys, atura la defoliació (curr.intens.def=0), reinicia el comptador de no defoliació (ny.def0=1), i posa el valor de **tssbw** a zero per evitar defoliacions futures durant el mateix brot.

1. Actualitzar el nombre d’anys non-defoliated cells

Augmenta (+1) el comptador d'anys sense defoliació per a les cèl·lules que no han estat afectades en aquest brot ni recentment.

1. Actualitzar non-defoliation cells si arriben a 5 anys

Per a cèl·lules que acumulen 5 anys sense defoliació, es reinicia el comptador d'anys de defoliació i la intensitat acumulada de defoliació (cum.intens.def=0).

1. Mortalitat de les celles en funció dels anys de defoliació

Si el brot o col·lapse és present (outbreak>0 o collapse>0), s'aplica la funció forest.mortality() per seleccionar cèl·lules d'arbres que moriran. Aquesta funció té en compte la intensitat acumulada de defoliació per cada cèl·lula i la composició d'espècies.

Si no hi ha brot ni col·lapse, no es maten arbres (kill.cells = integer()).

1. Actualitzar la fase de SBW

**Sortida**: llista amb kill.cells, land, i la fase de SBW

# sbw.spread.from.source

La funció sbw.spread.from.source simula la propagació de la defoliació causada per la spruce budworm (SBW) entre les cells de land. La funció té en compte tres criteris principals per determinar la probabilitat de propagació: la composició d'espècies a la cel·la d'origen, la distància entre cells i la posició relativa de la cel·la objectiu respecte a la direcció del vent predominant.

**Elements d'entrada**

land: Dataframe que conté la informació espacial del paisatge. Cada fila representa una cel·la amb dades com la seva ubicació (x, y), l'espècie d'arbres (spp) i si està defoliada (ny.def).

nc: Nombre de cells en cada fila del paisatge.

wind\_dir: Direcció predominant del vent en graus (0–360). Per default és sempre 270 (vent d’oest)

radius: Radi màxim de propagació de la defoliació, en quilòmetres.

cell.size: Mida de les cells en metres.

side: Paràmetre que controla la mida i la distància entre cells (normalment 1).

**Descripció pas a pas**

1. Selecció de cells defoliades: Primer es seleccionen totes les cells del paisatge que ja estan defoliades (aquelles amb ny.def > 0).
2. Identificació de veïns: Es busca quines cells estan dins d'un radi determinat al voltant de cada cel·la defoliada. Això es fa utilitzant la funció nn2, que retorna els índexs i distàncies de les cells veïnes. Les cells amb distàncies superiors al radi es descarten. Es crea nn.index (land cell ID) i nn.dist (distancia respecte el focus)
3. Recopilació d'informació dels veïns: Es creen diverses matrius que contenen cell id (ids), el tipus d'espècie (spps), l'estat de defoliació (defol) i la distància (dist) entre les cells defoliades i les seves veïnes.
4. Criteri A: Espècies de les cells d'origen: Es calcula un pes per a cada cel·la veïna en funció de l'espècie a la cel·la d'origen. Per exemple, les cells amb espècies com l'EPN o SAB reben un pes major perquè tenen més probabilitat de ser defoliades.
5. Criteri B: Distància: Les cells més llunyanes de la font de defoliació reben un pes menor. El pes de la distància s'aplica utilitzant una fórmula exponencial per simular la disminució de probabilitat amb la distància.
6. Criteri C: Direcció del vent: Es calcula un pes addicional basat en la direcció del vent predominant. Les cells situades en la direcció del vent reben un pes major, mentre que les cells situades en direccions oposades reben menys pes.
7. Combinació dels tres criteris: Finalment, es calcula la probabilitat de propagació per a cada cel·la veïna. Es combinen els pesos assignats per l'espècie, la distància i la direcció del vent. Això es fa tant de manera additiva com multiplicativa tenint en compte el valor que té cada aspecte segons paràmetres (params$val\_w\_spp, $val\_w\_dist, $val\_w\_wind).
8. Escalat dels resultats: La probabilitat final de propagació es rescalarà al rang [0,1].

**Elements de sortida**

La funció retorna un dataframe (res) que conté la relació entre les cells d'origen i les cells veïnes, amb les probabilitats finals de propagació per cada veïna. Aquestes probabilitats es calculen tant de manera additiva com multiplicativa, i s'escala entre 0 i 1 per facilitar la interpretació.

**Consideracions addicionals:** Es poden ajustar diversos paràmetres com els pesos aplicats a les espècies, la distància i la direcció del vent.

La funció encara està oberta a optimitzacions o modificacions segons les necessitats del model.

# intens.def.curr

La funció `intens.def.curr` calcula la nova intensitat de defoliació en una unitat de paisatge (representada per cells) en funció de si aquestes cells han estat afectades o no per defoliació en l'any anterior. Aquesta funció considera diversos paràmetres externs com el col·lapse, la calma o si l'àrea està en un període de brot o pre-brot.

**Elements d'entrada:**

- curr.outbreak: Un dataframe que conté la informació sobre la intensitat actual de defoliació de les cells.

- params: Paràmetres de calibratge per determinar la intensitat de defoliació.

- tbls: Taules de referència per a la distribució de probabilitats o altres elements relacionats amb la defoliació.

- fase d’outbreak: preoutbreak, outbreak, collapse, calm.

**Descripció pas a pas:**

1. Cells no defoliades en l'any anterior: Es filtren les cells que no han tingut defoliació en l'any anterior (`curr.intens.def == 0`)
   * Si el nombre de files és més gran que 0 i Si els valors de `collapse` o `calm` són positius, les noves intensitats es marquen com a zero;
   * Si no hi ha col·lapse o calma, es genera una nova intensitat de defoliació per a aquestes cells segons una distribució aleatòria normal o mitjançant una mostra aleatòria de valors possibles (1 a 3), amb probabilitats definides.
2. Cells defoliades en l'any anterior: Es filtren les cells que han tingut defoliació en l'any anterior (`curr.intens.def > 0`);
   * Si el valor de `collapse` és més gran o igual a 4, es selecciona una proporció de cells per col·lapsar totalment (intensitat zero), i a les altres se'ls redueix la intensitat de manera aleatòria.
   * Si `collapse` està entre 1 i 4, es col·lapsen algunes cells, i les altres mantenen una intensitat reduïda de manera aleatòria.
   * Si el valor de `outbreak` o `preoutbreak` és positiu, les cells que mantenen intensitat se sotmeten a un procés per calcular-ne la nova intensitat mitjançant una funció (`intensity.defoliation`).
   * Si `calm` és més gran o igual a 1, es redueix la intensitat de manera gradual o es col·lapsen algunes cells segons el valor d'aquest paràmetre.
3. Combinació de resultats:
   * Si hi ha defoliades, el resultat és només el grup de cells defoliades.
   * Si no hi ha cells defoliades, el resultat serà el grup de cells no defoliades.
   * En cas contrari, es combinen els dos grups.
4. Unió amb l'entrada original: Finalment, es fa un `left\_join` amb el dataframe original per assegurar que es manté la correspondència de cells (segons `cell.id`).

**Elements de sortida**: kk$new.intens: Un vector que indica la nova intensitat de defoliació per a cada cel·la després de l'aplicació de la funció.

# intensity.defoliation

Aquesta funció, `intensity.defoliation` avalua la intensitat de la defoliació en cèl·lules forestals durant un brot de plagues basat en factors ecològics com l'espècie d'arbre, l'edat de l'arbre, la idoneïtat del clima i del sòl, i la presència o absència de condicions favorables per a la plaga (SBW niche). Retorna un valor que representa el nivell de defoliació, que pot variar entre cap defoliació, baixa, moderada o severa.

**Elements d'entrada:**

* outbreak: Un dataframe que conté informació de les cèl·lules afectades pel brot (com ara l'espècie d'arbre, l'edat de l'arbre, la temperatura i la precipitació).
* params: Una llista de paràmetres que inclou llindars de temperatura per al model de defoliació i la idoneïtat de l'hàbitat (SBW niche).
* tbls: Taules de suport que proporcionen la idoneïtat climàtica (temperatura i precipitació) i la idoneïtat del sòl per a diferents espècies d'arbres.

**Descripció pas a pas:**

1. Classificació de l'edat dels arbres:
   1. Es classifica l'edat de l'arbre en tres categories: C30 (menor de 30 anys), C60 (30-60 anys) i OLD (més de 60 anys).
   2. Aquesta classificació es fa servir per determinar la preferència de l'hoste, assignant valors de preferència per a la defoliació segons l'edat i l'espècie de l'arbre (per exemple, els arbres de l'espècie "SAB" més vells tenen major probabilitat de ser defoliats).
2. Idoneïtat del clima i del sòl:
   1. Es calcula la idoneïtat del clima per a cada espècie en funció de la temperatura i la precipitació. Els valors són extrets de les taules de suport `temp.suitability` i `prec.suitability`.
   2. També es té en compte la idoneïtat del sòl per cada espècie, extreta de la taula `soil.suitability`. La idoneïtat general del lloc (`site.qual`) és el valor mínim entre la idoneïtat del sòl i la del clima.
3. Idoneïtat per a la plaga (SBW niche): La funció inclou l'efecte de la idoneïtat climàtica per la plaga SBW. Aquesta idoneïtat està determinada pels paràmetres climàtics establerts a `params`, on es defineixen valors per a condicions òptimes (`niche.opt`), bones (`niche.good`), i pobres (`niche.poor`) segons la temperatura.
4. Càlcul de la intensitat de la desfoliació:
   1. La intensitat de la defoliació es determina ponderant la preferència de l'hoste (`host.pref`) i la qualitat del lloc (`site.qual`), donant més pes a la preferència de l'hoste.
   2. Aquesta intensitat es redueix si la idoneïtat climàtica per la plaga (SBW niche) és baixa, cosa que disminueix la probabilitat de defoliació severa.
5. Assignació de nivells de defoliació: Finalment, es classifica la intensitat de la defoliació en quatre categories: `no`, `low`, `moderate`, i `severe`, assignant un valor numèric corresponent a cada categoria (0 per "no", 1 per "low", 2 per "moderate", i 3 per "severe").

**Elements de sortida:** La funció retorna un vector numèric que representa la intensitat de la defoliació per cada cèl·lula. Els valors possibles són: 0 (no defol) – 3 (defol intens)

# forest.mortality

Aquesta funció forest.mortality calcula la probabilitat de mortalitat d'arbres en una àrea forestal en funció del nombre d'anys de defoliació, l'espècie de l'arbre, i la intensitat acumulada de defoliació.

**Entrada**: land

**Procés**

1. Definició dels paràmetres de mortalitat: La probabilitat de mortalitat d'una espècie concreta (SAB o EPN) depèn de la quantitat d'anys de defoliació, i està associada a diferents percentatges de probabilitat segons la gravetat (per exemple, per SAB, entre 5-7 anys, la probabilitat de mortalitat és del 10%, i augmenta amb els anys).
2. Objectiu: La funció selecciona cel·les (representades per cell.id) en les quals els arbres són morts, aplicant una probabilitat que depèn de la intensitat de defoliació (cum.intens.def, curr.intens.def) i del nombre d'anys de defoliació (ny.def).
3. Selecció de cel·les per a la mortalitat:
   * Primer s'aplica una taxa baixa de mortalitat per SAB amb 5-7 anys de defoliació.
   * Després, una taxa mitjana i alta de mortalitat per SAB amb 8-10 anys i més de 11 anys de defoliació, respectivament.
   * S'aplica una taxa mitjana de mortalitat per EPN entre 8-10 anys de defoliació, i una taxa alta per més de 11 anys.
4. Probabilitats ajustades: Les probabilitats de selecció es ponderen amb la intensitat acumulada de la defoliació, per donar més pes a les cel·les que han patit una defoliació més intensa.

**Sortida**: Al final, la funció retorna un vector de les cel·les (kill.cells) que han estat seleccionades per representar arbres morts.